

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta Strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Izolace obytného kontejneru

Insulation of Residential Container

Student:

Marek Bečica

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Zdeněk Noga, CSc.

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Marek Bečica

Adresa trvalého pobytu autora práce: Trnava 347, okr. Zlín

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Bečica, M.: *Izolace obytného kontejneru*. Ostrava: Katedra výrobních strojů a konstruování – 340, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2014. 57s. Bakalářská práce, Vedoucí práce: Noga, Z.

Bakalářská práce se zabývá návrhem tepelné izolace obytného kontejneru a zamezení vzniku kondenzace vodních par v nekritičtějších místech obytného kontejneru. V úvodu práce je rozebrána technologie stavby a možnosti využití kontejnerů v dnešní době. Následně jsou zpracovány možnosti složení stěny. Na základě požadavků uvedených v požadavkovém listě je vybrána možnost složení izolací, které jsou zkoumány z hlediska průchodů tepla, tvorby tepelných mostů a s tím spojené možnosti vzniku rosného bodu nebo plísní. V programu Area 2010 a Teplo 2010 je modelováno šíření tepla a vlhkosti v kritických bodech. Cílem práce je navrhnout co nejlevnější možnost řešení problému.

Klíčová slova: kontejner, obytný kontejner, izolace, tepelná izolace

ANNOTATION BACHELOR THESIS

Bečica, M.: *Insulation of residential container*. Ostrava: Department of Production Machines and Design – 340, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2014. 57p. Bachelor Thesis, Thesis head: Noga, Z.

The bachelor thesis deals with the thermal insulation of residential container and prevent the emergence of condensation of water vapor in the most critical point residential container. The introduction discusses the technology of construction and possibilities of containers nowadays. Subsequently, the treated wall composition possibilities. Based on the requirements listed in the wish lists is selected, the composition of the insulation, which is examined in terms of heat flow, the formation of thermal bridges and the associated possibility of dew point or mold. In the Area in 2010 and 2010, the heat propagation modeling of heat and moisture at the critical point. The aim is to design the cheapest possible solution of the problem.

Key words: container, residential container, insulation, thermal insulation

Poděkování

V této části práce bych rád poděkoval mému vedoucímu práce, kterým byl Ing. Zdeněk Noga, CSc. Za jeho cenné rady a informace, které mi poskytl během konzultací k mé bakalářské práci. Dále bych rád poděkoval mé rodině a přítelkyni za podporu během celého studia.

OBSAH

ÚVOD.....	9
SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN	10
1 OBYTNÝ KONTEJNER.....	13
1.1 KONSTRUKCE OBECNĚ	14
1.2 SKLADBA OBVODOVÝCH STĚN.....	15
1.3 OBLOŽENÍ VNITŘNÍCH STĚN, STROPŮ A PODLAHY	15
1.4 IZOLAČNÍ VÝPLNĚ	17
1.5 HYDROIZOLAČNÍ FOLIE.....	18
1.6 OBKLAD VNĚJŠÍCH STĚN.....	19
1.7 MATERIÁL PROFILŮ NOSNÉHO RÁMU	20
2 TRANSFORMAČNÍ PROCES	21
2.1 BLACK BOX	21
2.2 POŽADAVKOVÝ LIST	21
2.3 FUNKČNÍ STRUKTURA	23
2.4 MORFOLOGICKÁ MATICE.....	24
2.5 ORGÁNOVÁ STRUKTURA	25
2.6 STAVEBNÍ STRUKTURA	26
3 VÝPOČTOVÁ ČÁST	27
3.1 TEPELNÉ DĚJE V KONSTRUKCI [10]	27
3.2 ŠÍŘENÍ TEPLA.....	29
3.3 VOLBA OKRAJOVÝCH PODMÍNEK	31
3.4 NÁVRHY KONSTRUKCE IZOLACE KONTEJNERU	32
3.4.1 POŽADAVKY	32
3.4.2 KONSTRUKCE IZOLACE STĚNY	35
3.4.3 KONSTRUKCE IZOLACE STŘECHY.....	36
3.4.4 KONSTRUKCE IZOLACE PODLAHY.....	38
3.4.5 KONSTRUKCE IZOLACE ROHU STĚNA-STĚNA	39
3.4.6 KONSTRUKCE IZOLACE ROHU STĚNA-STŘECHA.....	40
3.4.7 KONSTRUKCE IZOLACE ROHU ČELNÍ STĚNA-STŘECHA	42
4 KONSTRUKCE	44
4.1 KONSTRUKCE NOSNÉHO RÁMU	44
4.2 KONSTRUKCE PLECHOVÝCH SEGMENTŮ.....	45
4.3 POSTUP VÝROBY NAVRHOVANÉHO OBYTNÉHO KONTEJNERU	46
ZÁVĚR	51

SEZNAM ZDROJŮ	52
SEZNAM OBRÁZKŮ	54
SEZNAM TABULEK.....	55
SEZNAM GRAFŮ	56
SEZNAM PŘÍLOH.....	57

ÚVOD

Bakalářská práce se bude zabývat možnostmi navrhnutí nového izolačního složení pro obytný kontejner. Obytné kontejnery se využívají jako různé mobilní kanceláře nebo také jako nouzové, sociální a někdy i trvalé bydlení. Avšak neustálým problémem jsou problémy s nedostatečnou tepelnou izolací a také s velkým vlivem nosného rámu, jakož to tepelného mostu. Tato nedostatečná izolace se projevuje v rosení vnitřních stěn a to zejména rohů obytného kontejneru. V krajním případě dochází dokonce k nárůstům plísní, hlavně v horních vnitřních rozích kontejneru. V případě růstů plísní je kontejner závadný pro bydlení. Tyto nedokonalosti významně snižují konkurenceschopnost staveb z obytných kontejnerů oproti jiným mobilním nebo i pevným stavbám.

V první kapitole je krátce rozebráno, co to obytný kontejner je. Dále je zjednodušeným způsobem popsána stávající konstrukce obytného kontejneru jeho výroba a způsoby dopravy k cílovému zákazníkovi. Poté kapitola obsahuje řešerši možných materiálů, použitelných k výrobě různých částí kontejneru. Ke každému materiálu je uvedena tabulka návrhových vlastností.

Druhá kapitola se bude skládat z transformačního procesu. Tento proces je nutný k vybrání správného konstrukčního řešení, které bude následně realizováno. Transformační proces obsahuje black box, požadavkový list, funkční strukturu, morfologickou matici, orgánovou a stavební strukturu.

Třetí kapitola je věnována výpočtové části. Začátek kapitoly bude věnován vysvětlení různých pojmů, které se využívají u tepelně technického posuzování staveb. Dále jsou rozebrány možnosti šíření tepla konstrukcí. V další části kapitoly jsou určeny okrajové podmínky, které jsou využívány při tepelně technickém posouzení stěn i kritických míst kontejneru. Dále jsou specifikovány požadavky, které musí obvodové stěny i kritické spoje stěn splňovat. Kapitola pokračuje konečnými návrhy izolace obvodových stěn a rohů kontejneru. Tyto návrhy jsou vyhodnoceny z hlediska tepelně technického a porovnány s vyspecifikovanými požadavky.

Poslední kapitola obsahuje popis navrhované konstrukce obytného kontejneru. V kapitole je též obsažen popis technologie výroby obytné buňky.

SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN

ZNAČKA	VELIČINA	JEDNOTKA
A	plocha	$[m^2]$
K_x	tepelná kapacita	$[J \cdot K^{-1}]$
M_c	množství kondenzátu	$[kg/m^2 \cdot a]$
$M_{c,N}$	kritické množství kondenzátu	$[kg/m^2 \cdot a]$
P	tepelný tok	$[W]$
P_e	venkovní průměrný tlak	$[Pa]$
P_i	vnitřní průměrný tlak	$[Pa]$
Q	teplo	$[J]$
R	teplotní odpor konstrukce	$[m^2 \cdot K/W]$
R_{Hi}	vnitřní průměrná relativní vlhkost	$[\%]$
R_{He}	venkovní průměrná relativní vlhkost	$[\%]$
R_{si}	odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	$[m^2 \cdot K/W]$
R_{se}	odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce	$[m^2 \cdot K/W]$
T	teplota	$[K]$
T_{ai}	vnitřní průměrná teplota	$[^{\circ}C]$
T_e	venkovní průměrná teplota	$[^{\circ}C]$
U	součinitel prostupu tepla	$[W/(m^2 \cdot K)]$
U_N	požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla	$[W/(m^2 \cdot K)]$
V	objem vzduchu	$[m^3]$

a	součinitel tepelné vodivosti	$[m^2 \cdot s^{-1}]$
b	tepelná jímavost	$[\frac{W \cdot s}{m^4 \cdot K^2}]$
c	měrná tepelná kapacita	$[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$
c_u	návrhová hodnota měrné tepelné kapacity	$[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$
d	tloušťka	[m]
dI_Q	tepelný tok	$[J \cdot s^{-1}]$
dQ	dodané teplo	[J]
dS	změna plochy	$[m^2]$
dT	nárůst teploty, který je způsoben dodaným teplem	[K]
$d\tau$	za čas	[s]
f_{Rsi}	teplotní faktor vnitřního povrchu	-
$f_{Rsi,cr}$	kritický teplotní faktor vnitřního povrchu	-
grad	teplotní gradient	-
m	hmotnost látky	[kg]
m_v	hmotnost vodní páry	[kg]
p	parciální tlak vodní páry v daném vzduchu	[Pa]
p_n	parciální tlak nasycené vodní páry	[Pa]
q	hustota tepelného toku	$[W \cdot m^{-2}]$
s	tepelná pohltivost	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
sd	ekvivalentní difuzní tloušťka	[m]
t	teplota	[°C]
t_{ae}	teplota vnějšího vzduchu	[°C]

t_{ai}	teplota vnitřního vzduchu	[°C]
t_{se}	teplota na vnějším povrchu konstrukce	[°C]
t_{si}	teplota na vnitřním povrchu konstrukce	[°C]
α_i, α_e	součinitel prostupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
Θ_{ai}	návrhová teplota vnitřního povrchu	[°C]
Θ_e	návrhová teplota venkovního povrchu v zimním období	[°C]
$\Theta_{si,N}$	požadovaná hodnota nejnižší vnitřní povrchové teploty	[°C]
φ_i	návrhová vnitřní relativní vlhkost	[%]
$\varphi_{si,cr}$	kritická vnitřní povrchová vlhkost	[%]
ϕ_n	absolutní vlhkost párou nasyceného vzduchu	$[kg \cdot m^{-3}]$
Δf_{Rsi}	bezpečnostní přírážka teplotního faktoru	-
Δt	rozdíl teplot	[°C]
Δx	jednotková vzdálenost	[m]
Λ	plošná tepelná vodivost	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
α	součinitel prostupu tepla	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
λ	tepelné vodivosti	$[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$
μ	faktor difuzního odporu	-
ρ	objemová hmotnost	$[kg \cdot m^{-3}]$
φ	relativní vlhkost vzduch	[%]
ϕ	absolutní vlhkost vzduchu	$[kg \cdot m^{-3}]$

1 OBYTNÝ KONTEJNER

Obytný kontejner, nebo též obytná buňka je kontejner uzpůsobený k dočasnému, nebo také k trvalému bydlení osob. Často bývá využíván jako přechodné obydlí v případě nouzových stavů – např. umožňuje rychlé a vyhovující bydlení po přírodních katastrofách, kdy lidé přijdou o své obvyklé obydlí. Stejně tak může být azylovým domem, nebo řešením individuální bytové, či finanční krize. Největší výhodou je u samostatných kontejnerů (Obr. 1) možnost přemístění kontejneru na jiné místo v poměrně krátkém čase.



Obr. 1: Samostatně stojící kontejner

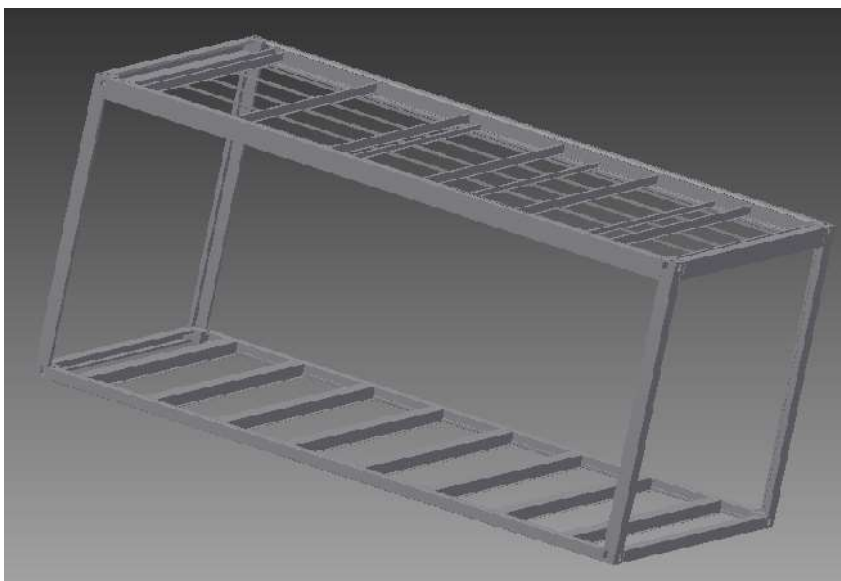
Obytné kontejnery bývají také často součástí modulární výstavby, kdy se jednotlivé kontejnery skládají k sobě a vytvářejí tak modulární stavby. Moduly lze použít nejen pro výstavbu nových objektů, ale i na přístavby, vestavby nebo jako nástavby stávajících objektů. Možnost úprav nabízí mnohostranné možnosti využití. Ať už kancelářské, správní budovy, školky, školy, banky atd. (Obr. 2).



Obr. 2: Rodinný dům

1.1 KONSTRUKCE OBECNĚ

Základem kontejneru je svařovaná konstrukce z pozinkované oceli (Obr 3), která je ošetřena antikoročním nátěrem. Vnější plášť je vyplněn sendvičovým způsobem. Možnosti výplní a opláštění vnějších stěn je velmi variabilní. Při výběru záleží zejména na ceně a budoucím využití kontejneru. Fasáda může být standardní z lakovaného pozinkovaného plechu nebo opatřena omítkou, dřevěným obkladem případně alternativně dle přání zákazníka. Střechu lze provést standardně z pozinkovaného trapézového plechu, nebo s mírným spádem, případně může být namontována dodatečná pultová, sedlová nebo valbová střecha. Nové stavby mohou stát jako samostatně stojící, nebo až pětipodlažní budovy.



Obr. 3: Nosný rám

Výroba

Kontejnery jsou vyráběny jako prefabrikáty, jejich výroba probíhá ve specializovaných závodech. Ve většině provozů je využíváno v principu pásové výroby. Na cílovém staveništi mohou být sestaveny na předem připravenou desku, nebo na vybetonované patky.

Doprava

Doprava kontejneru na finální místo stavby je nejčastěji zprostředkována kamionovou dopravou. Ale je také možnost buňky dopravovat po železnici, lodí, případně i letecky.

1.2 SKLADBA OBVODOVÝCH STĚN

Do základního rámu jsou uchyceny předpřipravené plechové segmenty (Obrázek 4 a 5), které jsou vyrobeny z plechu a jsou uchyceny v základním rámu šrouby. Kvůli přepravě a přenosnosti při montáži, musí být lehké, ale zároveň dostatečně tuhé. U standardních kontejnerů připadá na jednu stěnu jeden plechový panel.



Obr. 5: Nosný rám a plech. segmenty detail



Obr. 4: Nosný rám a plech. segmenty

1.3 OBLOŽENÍ VNITŘNÍCH STĚN, STROPŮ A PODLAHY

Desek, které lze použít jako vnitřní obklad je nepřeberné množství. Zde jsou vybrány jen ty nejpoužívanější v reálné výrobě. U všech je uvedena tabulka základních vlastností.

Dřevotříska

Je velkoplošný materiál, vyrobený převážně z dřevěných třísek, přidaného lepidla, tvrdidla a aditiv. Vstupním materiálem je rostlé dřevo, nikoli dřevní odpad jak se může zdát. Dřevní odpad rozhodně nepokrývá potřebu pro objem výroby třískových desek v takovém rozsahu, aby byly desky vyráběny primárně z těchto zdrojů. Dřevotřískové desky se vyrábí v mnoha řadách tloušťek a velikostí.[1]

Značka veličiny	Hodnota
λ	0,18
c_u	1500
ρ	800
μ	12,5

Tabulka 1: Návrhové hodnoty dřevotříska[3]

Fermacell

Sádrovláknité desky fermacell se skládají ze sádry a papírových vláken, která se získávají recyklací. Na výrobních linkách řízených počítačem, se po přidání vody a bez dalších pojidel stlačuje homogenní směs těchto dvou přírodních surovin pod vysokým tlakem na pevné desky, které se suší a řezou na příslušné formáty.[2]

Značka veličiny	Hodnota
λ	0,32
c_u	1000
ρ	1250
μ	13

Tabulka 2: Návrhové hodnoty fermacell [2]

Sádrokarton

Deska je vyrobena z papíru, kde vnitřní jádro tvoří hemi-hydrát ve formě síranu vápenatého a surového sádrovce. Tato směs se smísí s vlákny (typicky papír a / nebo skleněná vlákna), plastifikátoru, pěnidla a jemně mleté sádry jako urychlovače, škrobu nebo jiných látek, které mohou zamezit výskytu plísní a také zvýšit požární odolnost (sklolaminát), voskové emulze nebo silany pro nižší nasákavost vody.

Značka	Hodnota
λ	0,22
c_u	1060
ρ	750
μ	9

Tabulka 3: Návrhové hodnoty sádrokarton [3]

OSB deska

Je druh desky vytvořené lisováním velkých (2-7cm) dřevních štěpek, nebo hoblin ve třech až čtyřech vrstvách. Typ pojiva závisí na volbě výrobce, používají se například polyuretanová pojiva. Různou orientací vrstev se dosahuje vylepšených mechanicko-fyzikálních vlastností. [4]

Značka	Hodnota
λ	0,075
c_u	1630
ρ	200
μ	12,5

Tabulka 4: Návrhové hodnoty OSB deska [3]

Cetris

Je cementotřísková deska s hladkým cementovým povrchem. Její hlavní výhodou je její tuhost a možnost tmelení a broušení. U kontejnerů se používá jako podlahová deska.

Značka	Hodnota
λ	0,24
c_u	1580
ρ	1300
μ	78,8

Tabulka 5: Návrhové hodnoty desky Cetris [3]

1.4 IZOLAČNÍ VÝPLNĚ

Izolační výplně plní roli jak tepelné, zvukové, tak protipožární izolace. Zde jsou vybrány jen nejpoužívanější u obytných kontejnerů.

Isover orsik

Izolační deska vyrobená z minerální plsti. Výroba je založena na metodě rozvlákňování taveniny směsí hornin a dalších příměsí a přísad. Vytvořená minerální vlákna se v rámci výrobní linky zpracují do finálního tvaru desky. [5]

Značka	Hodnota
λ	0,043
c_u	840
ρ	30
μ	1

Tabulka 6: Návrhové hodnoty Isover orsik [5]

Polystyren

Vzniká jako produkt polymerace styrenu. Do skupiny polystyrenových hmot patří standardní (krystalový, čirý) polystyren, houževnatý PS, zpěňovatelný PS (EPS), vytlačovaný pěnový PS (XPS) a kopolymery.

Značka	Hodnota
λ	0,044
c_u	1270
ρ	15
μ	21

Tabulka 7: Návrhové hodnoty polystyren [3]

Styrodur

Styrodur je extrudovaný polystyren s rovnou hranou a mřížkováným povrchem. Je vhodný k omezení vlivu tepelných mostů.

Značka	Hodnota
λ	0,032
c_u	2060
ρ	30
μ	200

Tabulka 8: Návrhové hodnoty styrodur [6]

Isover fossil

Jsou vzhledově podobné deskám Isover orsik, ale mají lepší tepelné vlastnosti. Vkládají se do roštu nebo se mechanicky kotví.

Značka	Hodnota
λ	0,39
c_u	880
ρ	50
μ	1,4

Tabulka 9: Návrhové hodnoty Isover fossil [7]

1.5 HYDROIZOLAČNÍ FOLIE

Použití hydroizolace ve skladbě obvodových stěn rozhoduje o tom, zda se bude jednat o konstrukci difúzně uzavřenou (s parozábranou), nebo difúzně otevřenou (s parobrzdou).

Její funkcí, jak lze ostatně odvodit již ze slova „parozábrana“, je zabránit průniku vodních par z interiéru do konstrukce.

AL folie

Je parozábrana, která je díky své příznivé ceně hojně používána. Její nevýhodou je téměř absolutní nepropustnost z obou směrů. Je to folie, která má stálou ekvivalentní difúzní tloušťku.

Značka	Hodnota
λ	204
c_u	870
ρ	2700
μ	700000

Tabulka 10: Návrhové hodnoty AL folie [3]

Isover Vario

Je velmi pevná parobrzda s proměnnou ekvivalentní difúzní tloušťkou, UV stabilizací min. 18 měsíců a speciálním přilnavým roumem.

Značka	Hodnota
λ	0,35
c_u	1470
ρ	60
μ	100000

Tabulka 11: Návrhové hodnoty Isover vario [8]

1.6 OBKLAD VNĚJŠÍCH STĚN

Nejvíce používaným obkladem vnějších stěn u samostatně stojících modulech je trapézový plech. Lze však použít i další nepřeborné množství jak fasád, tak desek.

Trapézový plech

Trapézové plechy jsou ohýbány přímo v závodech firmy.

Značka	Hodnota
λ	50
c_u	870
ρ	7850
μ	1720

Tabulka 12: Návrhové hodnoty trapézový plech [3]

1.7 MATERIÁL PROFILŮ NOSNÉHO RÁMU

Jako materiál pro nosný rám je u obytných kontejnerů používána ocel uhlíková se zaručenou svařitelností.

Ocel

U obytného kontejneru jsou používány plechy různých tloušťek.

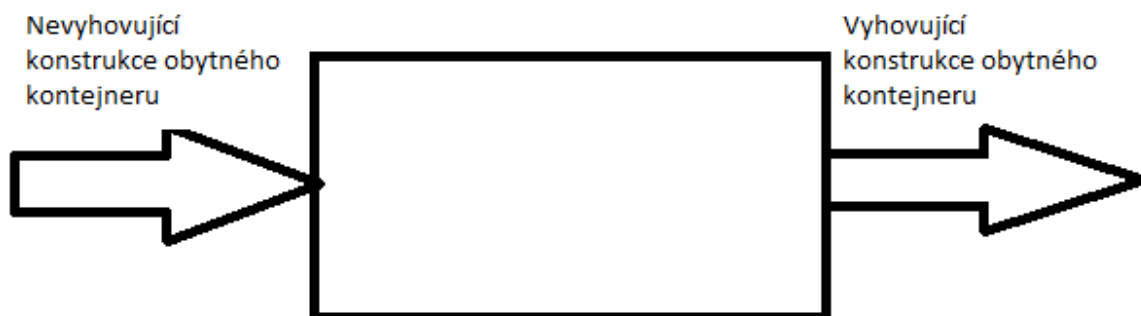
Značka	Hodnota
λ	50
c_u	870
ρ	7850
μ	1000000

Tabulka 13: Návrhové hodnoty ocel [3]

2 TRANSFORMAČNÍ PROCES

2.1 BLACK BOX

Transformační proces znázorňuje „Black box“ [9] neboli černá skříňka. (viz. Obr. 6)



Obr. 6: Black box

2.2 POŽADAVKOVÝ LIST

Zadané požadavky

1. Pro samostatně stojící kontejner označení 6x3x2,5 metru navrhnete novou konstrukci kontejneru, která odstraní nízké teploty na vnitřním povrchu stěny a v co největší míře zamezí vzniku rosných bodů.
2. Minimalizovat změny na nosném rámu.

Specifické požadavky

1. Izolace obytného kontejneru při extrémních podmínkách pro Zlínský okres.
2. Velmi snadná údržba vnitřní stěny.
3. Zamezení vlivu tepelných mostů.
4. Nízká hmotnost komponentů stěn.
5. Vnitřní teplota 20°C a vnitřní maximální relativní vlhkost 40%.
6. Nízká výrobní cena.
7. Možnost výroby při stejné vybavenosti výrobní linky.
8. Použité materiály vhodné pro modulární výstavbu.
9. Nízké energetické ztráty.

10. Vytápění elektrickým přímotopem.
11. Dodržení klasického schématu samostatně stojícího kontejneru, to je dveře a jedno okno.
12. Možnost jeřábového uchycení.
13. Možnost přepravy.
14. Rychlá montáž u odběratele.
15. Naprostou většinu výrobních postupů realizovat ve výrobní lince.

Funkční požadavky

Je to seznam funkcí, které by měla konstrukce splňovat.

1. Zamezení vzniku kondenzování vodních par v extrémních zimních podmínkách i v průběhu roku.

Funkční vlastnosti

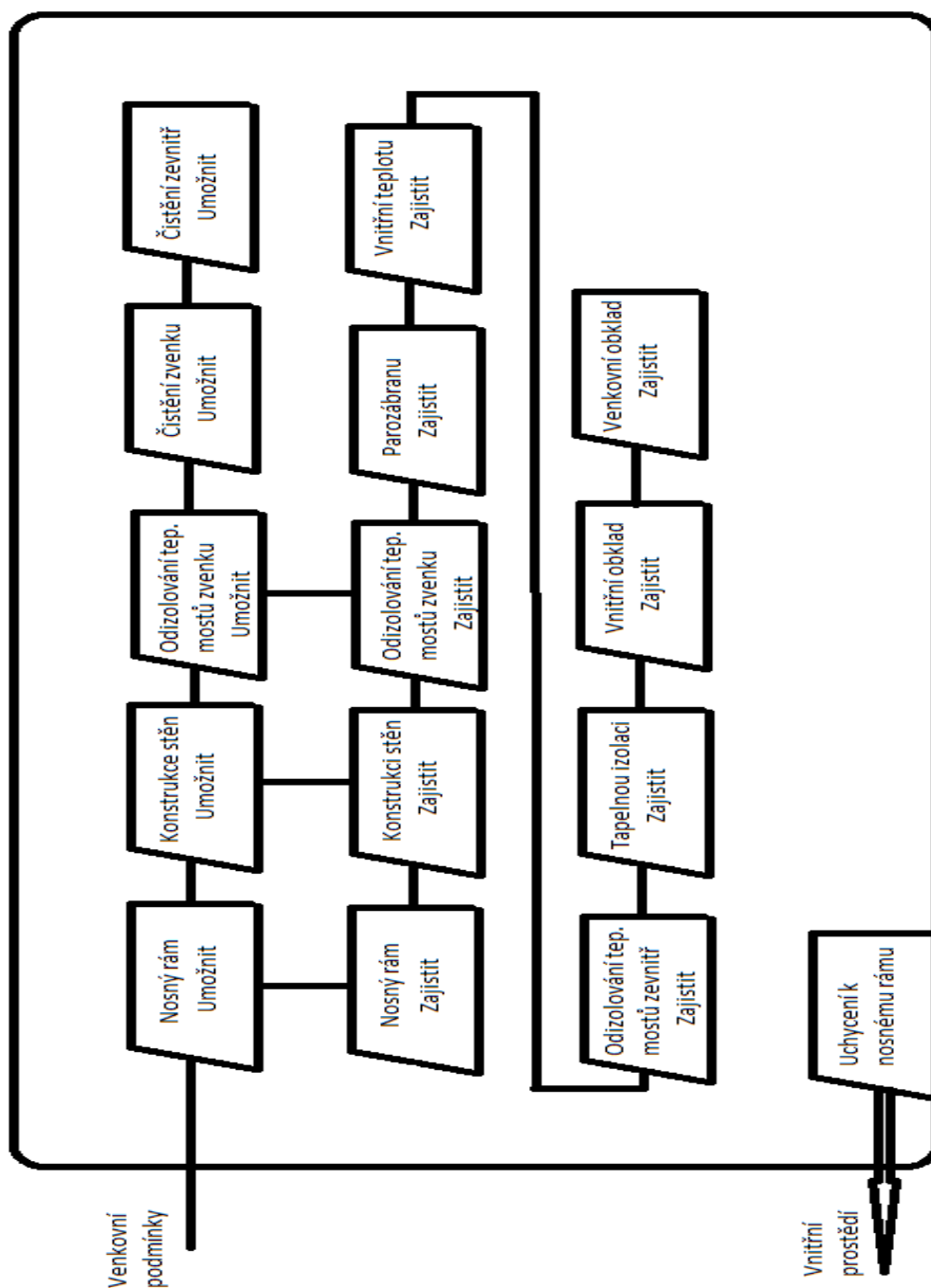
1. Tepelná izolace obytného kontejneru.
2. Zamezení vlivu tepelných mostů.
3. Snadná možnost přepravy.
4. Možnost jeřábového uchycení.

Konstrukční vlastnosti

1. Snadná údržba vnitřní stěny.
2. Nízká hmotnost komponentů stěn.
3. Umožnění snadné přepravy.
4. Možnost použití ve výrobní lince.
5. Uchycení.

2.3 FUNKČNÍ STRUKTURA

Zde je proveden rozbor funkční struktury [9]. Funkční struktura je vlastně soubor funkcí, které musí technický systém plnit.



Obr. 7: Funkční struktura

2.4 MORFOLOGICKÁ MATICE

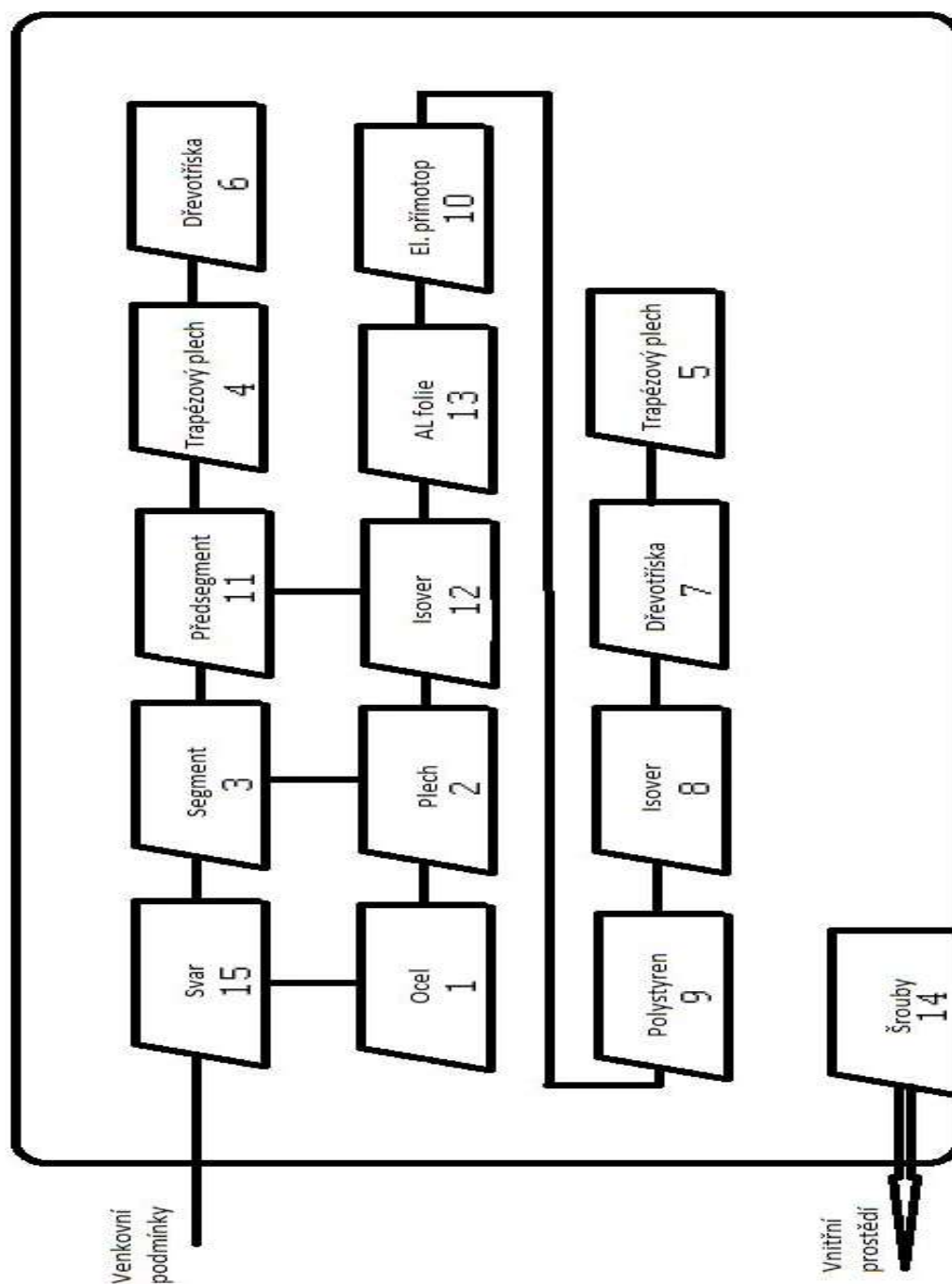
Morfologická matice [9] (Tabulka 14) znázorňuje přehledně všechny dílčí funkce, které mají být splněny, a také znázorňuje nositelky těchto funkcí. S pomocí morfologické matice vybereme kombinaci funkčních orgánů, které splňují naše požadavky. Následně zobrazíme tuto kombinaci pomocí orgánové struktury.

Dílčí funkce		Orgány nositelé funkcí			
1	Nosný rám zajistit	Dřevo	Ocel	Kompozit	
2	Konstrukci stěn zajistit	Plech	Tvárnice	Beton	Cihly
3	Konstrukci stěn umožnit	Segment	Plát	Bloky	
4	Venkovní obklad zajistit	H2O deska	Trapézový plech	Fermacell	Omítka
5	Jednoduché čištění zvenku umožnit	H2O deska	Trapézový plech	Fermacell	Omítka
6	Čištění vevnitř umožnit	Fermacell	Dřevotříska	OSB deska	Sádrokarton
7	Vnitřní obklad zajistit	Dřevotříska	Fermacell	Sádrokarton	OSB deska
8	Tepelnou izolaci zajistit	Polystyren	Isover	Styrodur	
9	Odizolování tepelných mostů zevnitř zajistit	Isover	polystyren	Styrodur	
10	Vnitřní teplotu zajistit	El. přímotop	Plynové topení	Kamna	
11	Odizolování tepelných mostů zvenku umožnit	Povlak	Lepené zateplení	Předsegment	
12	Odizolování tepelných mostů zvenku zajistit	Styrodur	polystyren	Isover	
13	Parozábranu zajistit	Al folie	OSB deska	Isover	
14	Uchycení k nosnému rámu	Šrouby	Svar	Lepení	Tvarové
15	Nosný rám umožnit	Svar	Šroub	Tvarové	Lepení

Tabulka 14: Morfologická matice

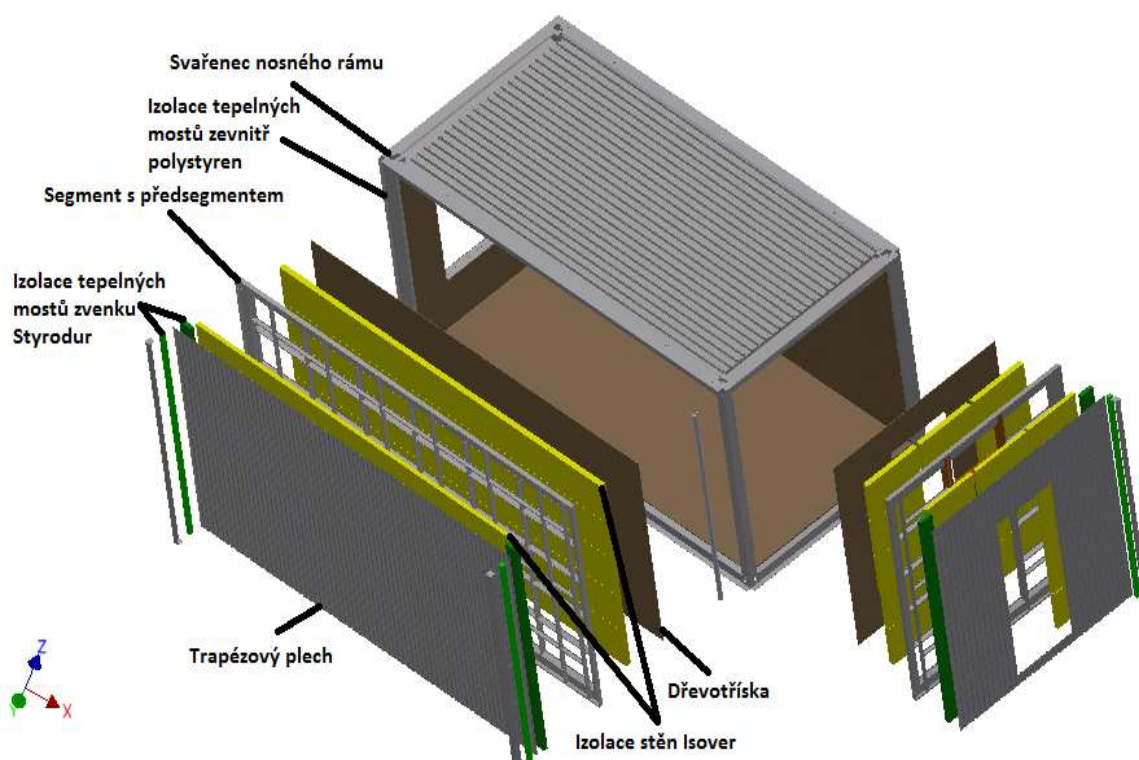
2.5 ORGÁNOVÁ STRUKTURA

Orgánová struktura [9]. Přiděluje funkcím orgány, to jsou nositelé funkcí.

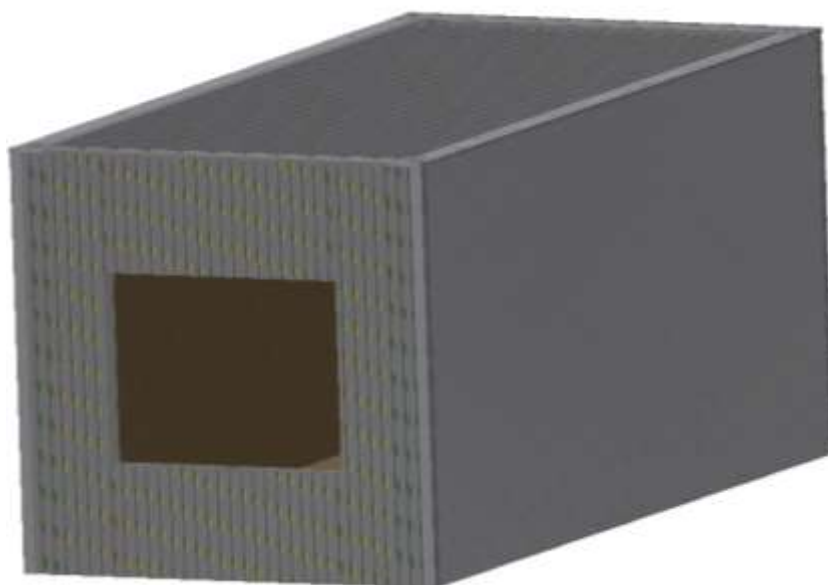


Obr. 8: Orgánová struktura

2.6 STAVEBNÍ STRUKTURA



Obr. 9: Stavební struktura rozložený pohled



Obr. 10: Stavební struktura celkový pohled

3 VÝPOČTOVÁ ČÁST

3.1 TEPELNÉ DĚJE V KONSTRUKCI [10]

K definování jednotlivých vztahů pro způsoby sdílení tepla v konstrukci je nutno určit pojmy a veličiny, které se ve stavební tepelné technice využívají.

Teplo Q

Je energie, která je dodávána v důsledku rozdílu teplot. Teplo lze přinášet též vykonáním práce nebo přenosem hmoty. Tepelnou kondici daného materiálu vyjadřuje teplota. Rozlišujeme termodynamickou teplotu a Celsiovu teplotu. Termodynamická teplota je druhou větou termodynamiky s přidělením 273,15°K trojnému bodu vody, to je smíšenina ledu, vody a vodní páry. Celsiova teplota je definována vztahem:

$$t = T - 273,15 \quad (5.1)$$

Tepelná kapacita

Vyjadřuje možnost materiálu nebo soustavy materiálů přijímat teplo. Tepelná kapacita je teplo, které musíme dodat materiálu k ohřátí o jeden stupeň. Tepelná kapacita je vyjádřena podílem přivedeného tepla a příslušné změny teploty. Z toho vztah:

$$K_x = \frac{dQ}{dT} \quad (5.2)$$

Měrná tepelná kapacita

Je potřebné teplo k ohřátí jednotky hmotnosti daného materiálu o jeden stupeň. Definuje ji rovnice:[10]

$$c = \frac{K_x}{m} = \frac{1}{m} \cdot \frac{dQ}{dT} \quad (5.3)$$

Absolutní vlhkost

Formuluje hmotnost vodní páry, která je obsažena v jednotce objemu tohoto vzduchu. Z toho vztah:

$$\Phi = \frac{m_v}{V} \quad (5.4)$$

Relativní vlhkost

Jde o poměr hmotnosti vodních par ve vzduchu obsažených, proti hmotnosti nasycených vodních par stejného objemu a teploty. Vyjadřuje se vztahem:

$$\varphi = \frac{\phi}{\phi_n} \cdot 100 = \frac{p}{p_n} \cdot 100 \quad (5.5)$$

Tepelný tok

Teplo dodané za čas. Je určen podílem přenášeného tepla a času. Dle vztahu:

$$I_Q = \frac{dQ}{d\tau} \quad (5.6)$$

Hustota tepelného toku

Vystihuje tepelný tok určený na jednotku plochy. Tato jednotka plochy je postavena kolmo na směr šíření tepla. Je vyjádřena podílem tepelného toku a plochy:

$$q = \frac{dI_Q}{dS} \quad (5.7)$$

Tepelný gradient

Teplotní spád na jednotku vzdálenosti

$$\text{grad} = \Delta T / \Delta x$$

Tepelná vodivost λ

Je to schopnost látky vést teplo. Tepelná vodivost určitého materiálu je hustota tepelného toku při jednotkovém teplotním gradientu.

$$q = -\lambda \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (5.8)$$

Plošná tepelná vodivost

Dané látky je hustota tepelného toku při jednotkovém teplotním rozdílu. Definujeme ji jako:

$$\Lambda = \frac{\lambda}{\Delta x} \quad (5.9)$$

Tepelná jímavost

Schopnost látky o určité vlhkosti přijímat teplo. Je určena vztahem:

$$b = \lambda \cdot c \cdot \rho \quad (5.10)$$

Tepelná pohltivost

Je způsobnost látky, pohlcovat teplo nebo teplo uvolňovat. Definuje se vztahem:

$$s = \sqrt{\left(2 \cdot \frac{\pi}{T}\right) \cdot b} \quad (5.11)$$

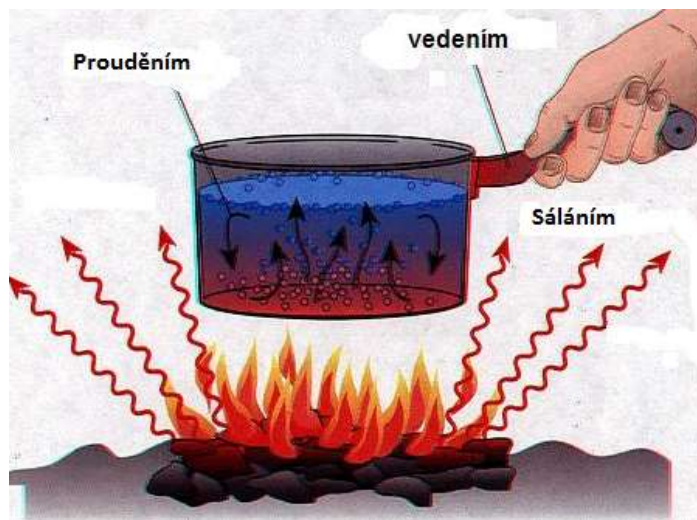
Součinitel prostupu tepla

Definuje sdílení tepla mezi tekutinou, plynem nebo kapalinou a tuhou látkou. Rovná se hustotě tepelného toku mezi tuhou látkou a tekutinou při jednotkovém tepelném rozdílu mezi nimi. Hustota tepelného toku je definována jako:

$$q_i = \alpha_i \cdot (t_{ai} - t_{si}) \quad (5.12)$$

$$q_e = \alpha_e \cdot (t_{ae} - t_{se}) \quad (5.13)$$

3.2 ŠÍŘENÍ TEPLA



Obr. 11: Šíření tepla [13]

K šíření tepla konstrukcí dochází jen tehdy, jsou-li rozdílné teploty v různých místech konstrukce. K tomu dochází většinou na vnější a vnitřní straně konstrukce. Teplo postupuje z míst s vyšší teplotou do míst s nižší teplotou. Teplo se šíří třemi způsoby a to vedením, prouděním a sáláním

Šíření tepla vedením

Přenos tepla materiálem je přenosem energie tepelné ve směru klesající teploty. To se děje díky tomu, že teplejší, rychleji kmitající molekuly, dodávají svou energii sousedním, pomaleji kmitacím molekulám. Přenos tepla vedením se děje jen u materiálu v přímém kontaktu, když mezi nimi vzniká rozdíl teplot, nebo se dotýkají dvě tělesa o rozdílné teplotě. V obecném vyjádření je teplota v určitém bodě souřadnic nejen funkcí prostorových souřadnic x, y, z , ale i času. Jestliže se teplota s časem nemění, je to teplotní pole ustálené, tedy stacionární. Když se teplota s časem mění, je to pole neustálené, čili nestacionární. Početní řešení vychází ze zákona o zachování energie. V případě, že tepelná vodivost je nezávislá na teplotě a směru šíření tepla a že se v tělese nejsou žádné zdroje tepla, má pro homogenní izotropní těleso Fourierova partiální diferenciální rovnice tvar:[10]

$$\frac{\delta t}{\delta \tau} = a \frac{\delta^2 t}{\delta x^2} \text{ - pro jednorozměrné vedení tepla} \quad (5.14)$$

$$\frac{\delta t}{\delta \tau} = a \left(\frac{\delta^2 t}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 t}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 t}{\delta z^2} \right) \text{ - pro trojrozměrné vedení tepla} \quad (5.15)$$

Parametr a je součinitel tepelné vodivosti, který se udává vztahem:

$$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} \quad (5.16)$$

Teplotní průběh v ustáleném stavu v homogenním materiálu je lineární. Proto na površích konstrukce bude teplotní gradient:

$$\text{grad } t = \frac{dt}{dx} = \frac{t_1 - t_2}{d} \quad (5.17)$$

Poté se rovnice (5.8) změní na tvar:

$$q = \lambda \cdot \frac{\Delta t}{d} \quad (5.18)$$

Součinitel tepelné vodivosti je základní veličinou při šíření tepla vedením. Je jí přiřkládán takový význam, protože udává tepelný tok, který proudí 1 m^2 stěny, když je teplotní gradient jednotkový.[10]

Šíření tepla prouděním

Prouděním se teplo šíří jen v kapalných a plynných látkách a to tak, že se částice pohybují a přenášejí přitom teplo. Jestliže je místně ochlazen plyn nebo kapalina, vyvolá to

přemisťování částic. Tím se nastartuje přirozené proudění a začne se vyrovnávat teplota. Intenzita výměny tepla při šířením prouděním je poměrně malá. Pro zvýšení intenzity, je potřeba využít nucené proudění. K vyjádření se používá vztah:[10]

$$P = \alpha \cdot A \cdot (t_{si} - t) \quad (5.20)$$

Šíření tepla sáláním

Šíření tepla sáláním je třetí základní způsob šíření tepla. Je nazýván též šíření tepla zářením. Záření se rozhodujícím způsobem při přenosu tepla podílí jen u soustav, které mají teplotu vyšší jak 800 °C. U obytného kontejneru je šíření tepla sáláním zanedbáno.[10]

3.3 VOLBA OKRAJOVÝCH PODMÍNEK

Pro stanovení okrajových podmínek, které jsou využity při návrhu konstrukce obytného kontejneru, byly využity návrhové hodnoty z normy ČSN 73 0540. Tato norma se na mobilní buňky nevztahuje, je však možno se jí inspirovat při návrhu konstrukce. Při stanovení okrajových podmínek musíme znát klimatické podmínky v příslušné lokalitě. Z pohledu tepelně technického je pro návrh izolace obytného kontejneru a posouzení jeho konstrukce významná venkovní teplota, venkovní relativní vlhkost, vnitřní teplota a vnitřní relativní vlhkost. Z normy byly vybrány normované extrémní podmínky venkovní pro Zlínský okres s přihlédnutím na nadmořskou výšku. Taktéž byly vybrány podmínky pro Zlínský okres u přezkoumávání simulovaného provozního roku. Tyto podmínky jsou:

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru

Byl určen dle normovaného požadavku $R_{si}=0,25m^2K/W$. Jedině pro podlahu je $R_{si} = 0,17m^2K/W$

Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru

Byl určen dle normovaného požadavku $R_{se}=0,04m^2K/W$. Jedině pro podlahu je $R_{se} = 0m^2K/W$

Podmínky modelového roku

Měsíc	Délka[dny]	T_{ai} [°C]	R_{Hi} [%]	P_i [Pa]	T_e [°C]	R_{He} [%]	P_e [Pa]
1	31	20.6	44.1	1069.5	-2.3	81.1	409.0
2	28	20.6	47.0	1139.8	-0.3	80.5	479.4
3	31	20.6	49.1	1190.8	3.6	79.2	625.9
4	30	20.6	53.2	1290.2	8.6	77.0	859.9
5	31	21.6	56.0	1444.1	13.4	74.0	1137.1
6	30	22.6	57.0	1562.1	16.3	71.6	1326.3
7	31	23.6	56.1	1633.3	17.8	70.1	1428.0
8	31	23.6	55.4	1612.9	17.3	70.6	1393.5
9	30	22.6	53.4	1463.5	13.7	73.8	1156.4
10	31	21.6	50.7	1307.4	9.0	76.8	881.2
11	30	20.6	49.1	1190.8	3.7	79.2	630.3
12	31	20.6	46.9	1137.4	-0.4	80.5	475.5

Tabulka 15: Podmínky modelového roku [11]

Extrémní vnitřní podmínky

Teplota je dle normy pro budovy trvale užívané 20°C. K této teplotě se připočte 0,6°C, což je bezpečnostní přírůstek. Relativní vlhkost byla určena pro extrémní zimní podmínky 40%.

Extrémní vnější podmínky

Teplota je, dle normy, -15°C a relativní vlhkost bude 84%.

3.4 NÁVRHY KONSTRUKCE IZOLACE KONTEJNERU

V této kapitole jsou tepelně rozebrány, dle požadavků normy ČSN 73 0540, stěna, střecha a podlaha konstruovaného obytného kontejneru. Dále jsou rozebrány, dle vybraných požadavků, stejné normy kritická místa rohů konstruovaného kontejneru.

3.4.1 POŽADAVKY

Podle normy musí stěna, střecha, podlaha a kritické konstrukční uzly, které sousedí s venkovním prostorem nebo prostorem nevytápěným, splňovat základní požadavky. Splnění požadavků bylo zkontrolováno za pomoci programů Teplo 2010 a Area 2010.

Požadavek na vnitřní povrchovou teplotu [12]

V zimním období musí konstrukce v každém místě s relativní vlhkostí menší jak 40% mít ve všech místech vnitřní povrchovou teplotu θ_{si} ve °C dle vztahu:

$$\Theta_{si} \geq \Theta_{si,N} \quad (5.21)$$

$\Theta_{si,N}$ – požadovaná hodnota nejnižší vnitřní povrchové teploty

Vnitřní povrchovou teplotu je při výpočtu vhodné nahradit její proměněnou veličinou a to teplotním faktorem vnitřního povrchu f_{Rsi} . Tato veličina je jednoznačnou vlastností konstrukce, nebo spojů konstrukce ve sledovaném místě. Pro f_{Rsi} platí:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \quad (5.22)$$

$$f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} + \Delta f_{Rsi} \quad (5.23)$$

Bezpečnostní přírážka teplotního faktoru je stanovena dle ČSN 73 0540. Bezpečnostní přírážka byla stanovena pro konstrukci lehkou a budovu s nepřerušovaným vytápěním s maximálním poklesem teploty při vytápění 2°C. Přírážka tedy je 0,015

Kritický teplotní faktor lze orientačně stanovit takto:

$$f_{Rsi,cr} = 1 - \frac{237,3 + 2,1 \cdot \Theta_{ai}}{\Theta_{ai} \cdot \Theta_e} \cdot \frac{1}{1,1 - 17,269 / \ln(\varphi_i / \varphi_{si,cr})} \quad (5.24)$$

Kritická vnitřní povrchová vlhkost je 80%. Při této, nebo vyšší relativní vlhkosti, nelze vyloučit riziko vzniku plísní. I když je požadavek na kritickou vnitřní povrchovou teplotu u stěny, stropu nebo podlahy vypočítán a formálně splněn, nesmí být považován za splněný, jestliže nejsou zkontrolována kritická místa spojů (rohů) kontejneru.

Požadavek na součinitel prostupu tepla [12]

Tento požadavek je vyžadován u obálky budovy a není brán zřetel na spoje (rohy). Je hodnocen tepelný tok jednotlivých prvků konstrukce, to je stěna, strop a podlaha obytného kontejneru. Jeho splnění se posuzuje podle nastavených standardů. To jsou: požadovaný, doporučený, nízkoenergetický a pasivní. Obytný kontejner je hodnocen dle standardu požadovaného. Pro součinitel prostupu tepla platí:

$$U \leq U_{N,20} \quad (5.25)$$

Hodnota součinitele prostupu tepla byla vypočítána pro zvolené okrajové podmínky, s pomocí výpočtového programu a jeho výpočtu teplotních polí. Požadované hodnoty prostupu tepla (Tabulka 15).

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U_{N,20}$
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45°	0,30
Podlaha vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45
Stěna vnější vytápěná, vnější vrstvy od vytápění	0,30

Tabulka 16: Požadované hodnoty prostupu tepla [11]

Požadavek na šíření vlhkosti v konstrukci [12]

Tento požadavek musí být splněn jak u stěny, podlahy a stropu kontejneru, tak u detailu kritických míst, neboli spojů (rohů) kontejneru. Toto kritérium je zkoumáno u extrémních zimních okrajových podmínek i u normovaných podmínek modelového roku (Tabulka 15). Požadavek je prokázán buď absolutním vyloučením kondenzace, nebo musí být roční bilance kondenzátu nižší, jak bilance vypařované vlhkosti. V případě výskytu kondenzátu však nesmí tento kondenzát ohrozit požadovanou funkci konstrukce. Výpočet vychází ze zjednodušeného Glaserova modelu šíření vlhkosti difuzí vodní páry při předpokladu, že kondenzát setrvává v místě kondenzace. Při výpočtu šíření vlhkosti se používá bezpečnostní přírážka pro vnitřní relativní vlhkost $\Delta\phi_i = 5\%$. Výpočtová vnitřní vlhkost tedy je:

$$\phi_i + \Delta\phi_i = 45\% \quad (5.26)$$

Pro množství kondenzátu platí:

$M_c = 0$ pro konstrukce kde by kondenzát ohrozil konstrukci

$M_c \leq M_{c,N}$ pro ostatní konstrukce

$M_{c,N} = 0,50$

Požadavek na pokles dotykové teploty podlahy [12]

Tento požadavek je významný pro dosažení tepelné pohody uvnitř kontejneru. Požadavek zajišťuje tepelnou pohodu i při nechráněném kontaktu s podlahou. Pokles dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10}$ ve °C musí splňovat podmínku:

$$\Delta\Theta_{10} \leq \Theta_{10,N} \quad (5.27)$$

$\Theta_{10,N}$ – požadovaná hodnota poklesu dotykové teploty (Tabulka 16) podlahy

Druh místnosti	Kategorie podlahy	Pokles dotykové teploty podlahy $\Theta_{10,N}$
Obytná místnost	II. Teplé	5,5°C

Tabulka 17: Požadované hodnota poklesu dotykové teploty podlahy [11]

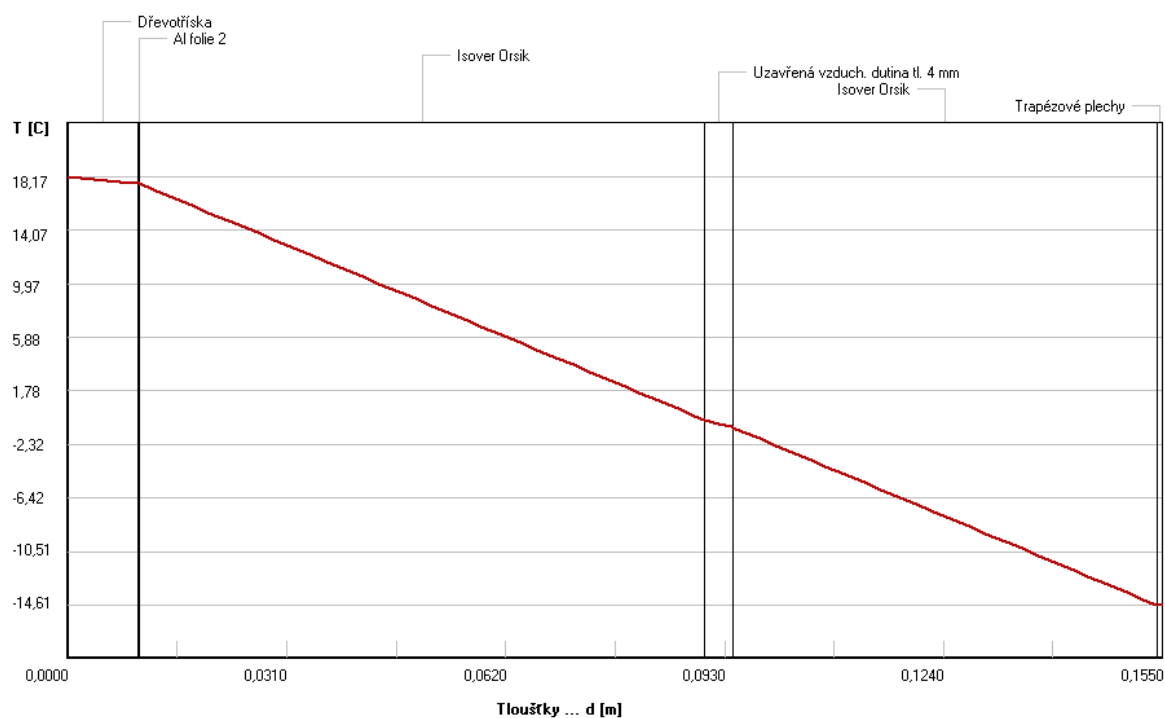
3.4.2 KONSTRUKCE IZOLACE STĚNY

Pro stěnu je nutné splnění požadavku na součinitel prostupu tepla a požadavku na šíření vlhkosti v konstrukci. Požadavek na teplotní faktor musí být taktéž splněn, ale nelze ho považovat za splněný, dokud nejsou překontrolovány kritická místa. Bylo navrženo šestivrstvé složení stěny (Tabulka 18), které splňuje oba požadavky.

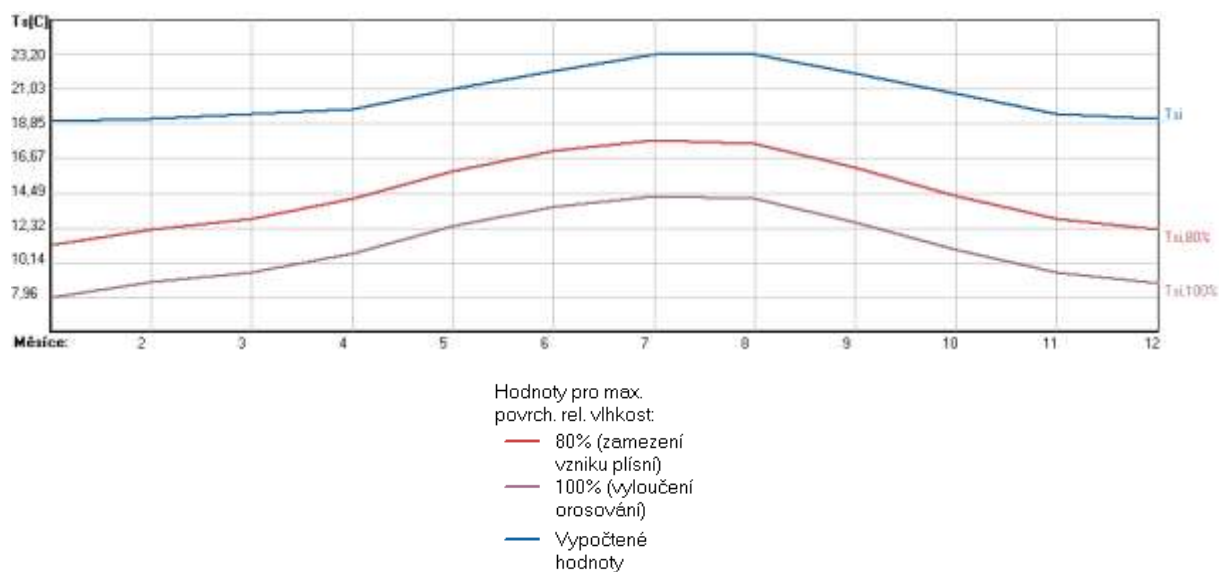
Číslo	Název vrstvy	d [m]	λ [W/mK]	μ [-]
1	Dřevotříska	0,01	0,18	12,5
2	Al folie	0,0002	204	700000
3	Isover Orsik	0,08	0,043	1
4	Uzavřená vzduchová dutina tloušťky 4mm	0,004	0,067	1
5	Isover Orsik	0,06	0,043	1
6	Trapézové plechy	0,0008	50	1720

Tabulka 18: Složení izolace stěny kontejneru seřazené od interiéru

Při výpočtu (Příloha I), byla zjištěna nejnižší vnitřní povrchová teplota při extrémních zimních podmínkách 18,17°C. Dále byl vypočten součinitel prostupu tepla $U=0,28\left(\frac{W}{m^2} \cdot K\right)$. Takže požadavek na součinitel tepla je splněn. Z výpočtu taktéž vychází, že v konstrukci stěn nebude docházet ke kondenzaci, takže požadavek na šíření vlhkosti v konstrukci je splněn. Při zkoumání modelového roku je taktéž vše v pořádku (Graf 2). Požadavek na teplotní faktor je taktéž splněn, nevyjadřuje však minimální teplotní faktor.



Graf 1: Rozložení teplot při extrémních zimních podmínkách u stěny



Graf 2: Maximální povrchové vnitřní teploty během modelového roku u stěny

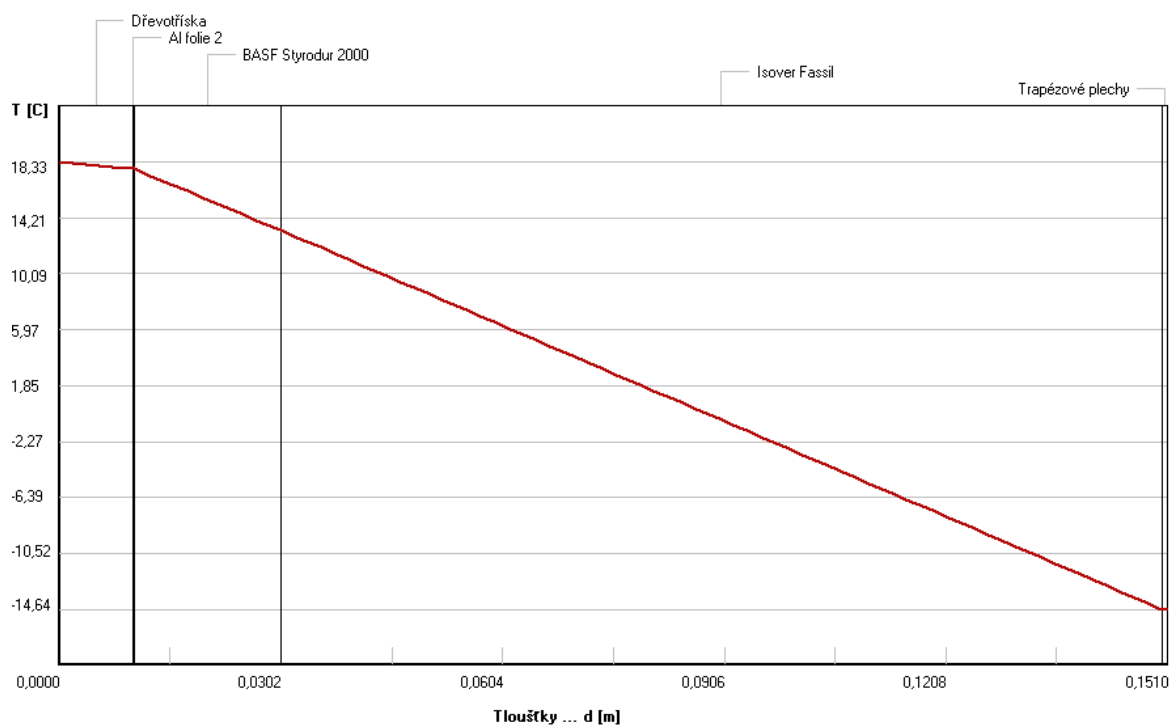
3.4.3 KONSTRUKCE IZOLACE STŘECHY

Konstrukce izolace střechy musí splňovat stejné požadavky jako konstrukce stěny. Rozdíl je však v požadovaných hodnotách pro střechu a stěnu (viz. Kapitola 5.4.2). Konstrukce střechy je pětivrstvá. Použité materiály mají lepší tepelné vlastnosti, aby byl splněn požadavek na součinitel prostupu tepla, který je přísnější než u stěny kontejneru.

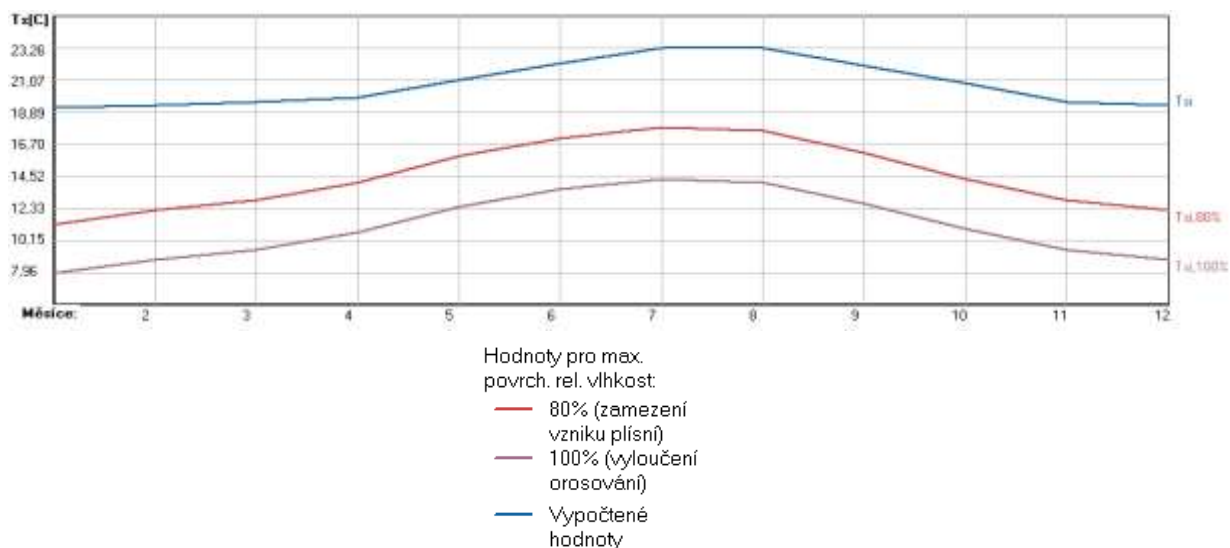
Číslo	Název vrstvy	d [m]	λ [W/mK]	μ [-]
1	Dřevotříska	0,01	0,18	12,5
2	Al folie	0,0002	204	700000
3	BASF Styrodur 2000	0,02	0,04	100
4	Isover Fassil	0,12	0,039	1,4
5	Trapézové plechy	0,0008	50	1720

Tabulka 19: Složení izolace střechy kontejneru seřazené od interiéru

Při výpočtu (Příloha II), byla zjištěna nejnižší vnitřní povrchová teplota, která je při extrémních zimních podmínkách 18,33°C. Další zjištěnou veličinou je součinitel prostupu tepla $U=0,241\left(\frac{W}{m^2} \cdot K\right)$. Požadavek na součinitel tepla je splněn. Dále bylo zjištěno, že v konstrukci střechy nedochází ke kondenzaci a to v extrémních zimních podmínkách i v průběhu modelového roku. Požadavek na teplotní faktor je taktéž splněn, nevyjadřuje však minimální teplotní faktor.



Graf 3: Rozložení teplot při extrémních zimních podmínkách u střechy



Graf 4: Maximální povrchové vnitřní teploty během modelového roku u střechy

3.4.4 KONSTRUKCE IZOLACE PODLAHY

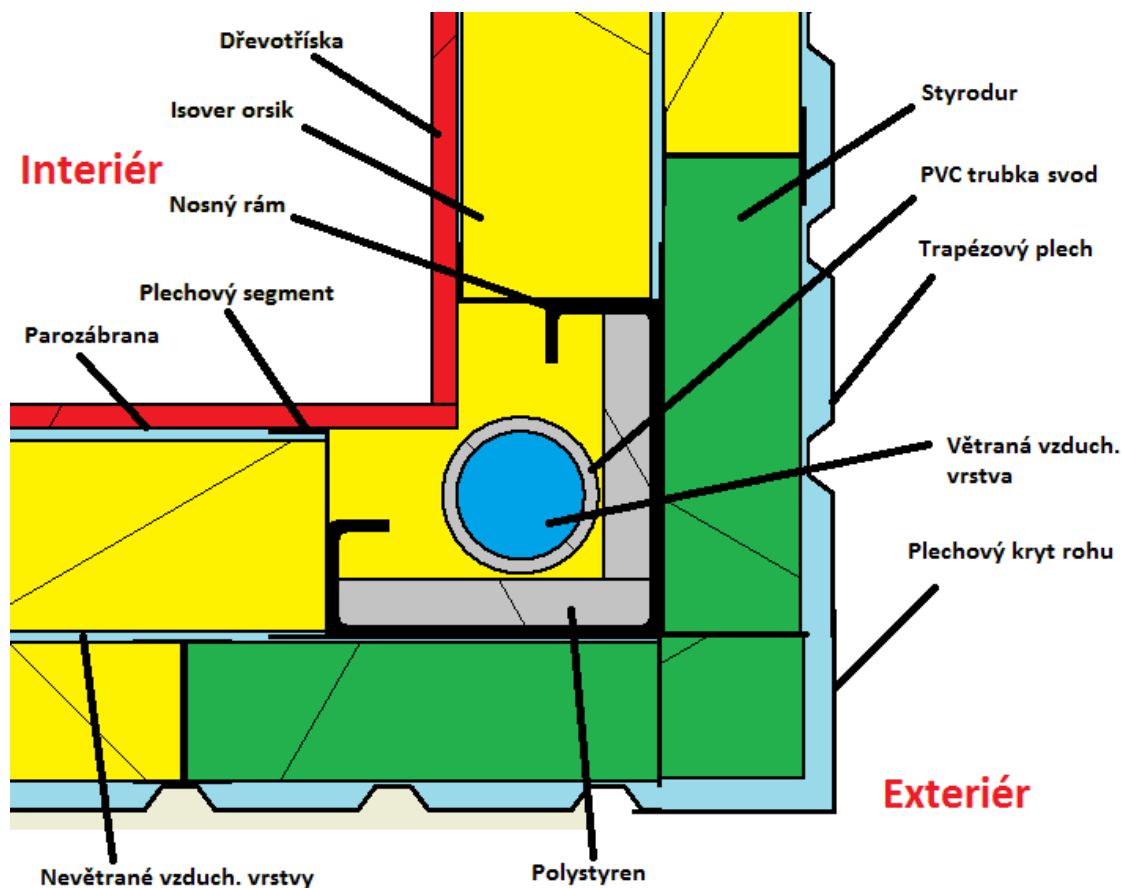
Izolace podlahy je pětivrstvá (Tabulka 20) a jako izolační vrstva je počítán i koberec. Podlaha je v kontaktu s terénem a musí splňovat požadavek na pokles dotykové teploty podlahy a požadavek na součinitel prostupu tepla.

Číslo	Název vrstvy	d [m]	λ [W/mK]	μ [-]
1	Koberec	0,005	0,065	6
2	Desky CETRIS	0,02	0,24	78,8
3	Al folie 2	0,0002	204	700000
4	Isover Orsik	0,1	0,043	1
5	Trapézové plechy	0,0007	50	1720

Tabulka 20: Složení izolace podlahy kontejneru seřazené od interiéru

Při výpočtu (Příloha III) byl zjištěn součinitel prostupu tepla $U=0,377\left(\frac{W}{m^2} \cdot K\right)$. Nejnižší vnitřní povrchová teplota je 17,39°C. Pokles dotykové teploty podlahy je $\Delta\theta_{10}=3,61^\circ\text{C}$. Všechny požadavky nutné pro podlahu jsou splněny.

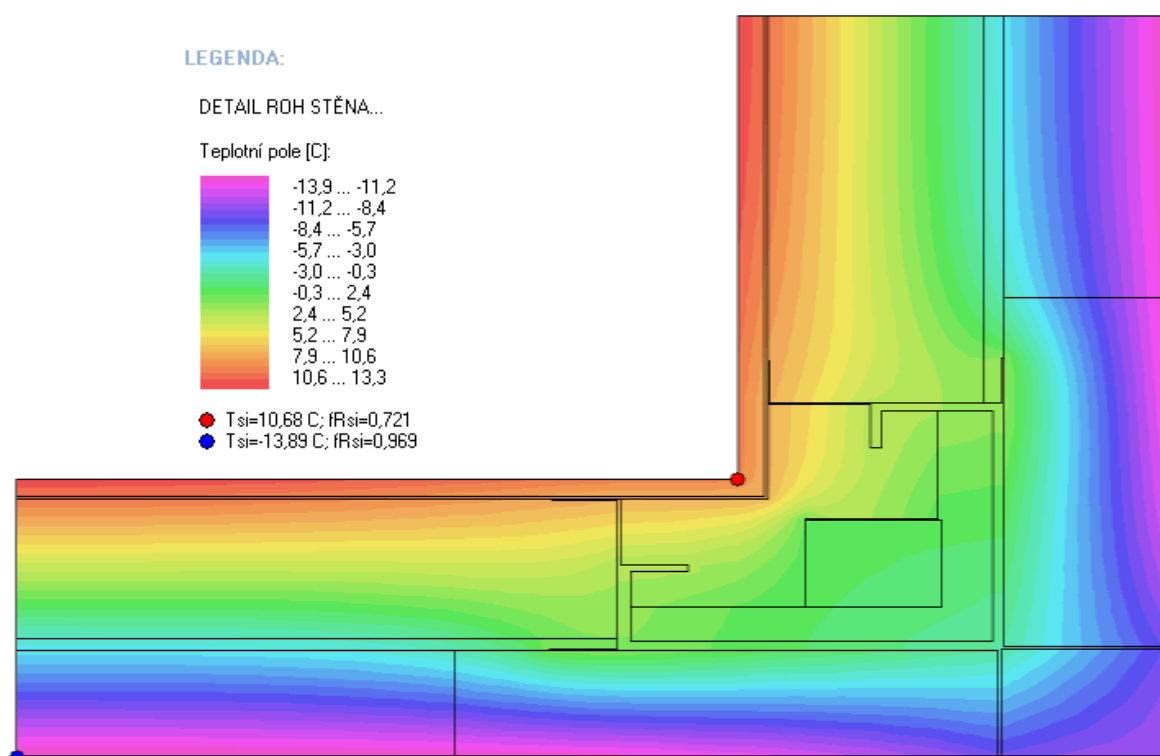
3.4.5 KONSTRUKCE IZOLACE ROHU STĚNA-STĚNA



Obr. 12: Schéma skladby rohu stěna-stěna

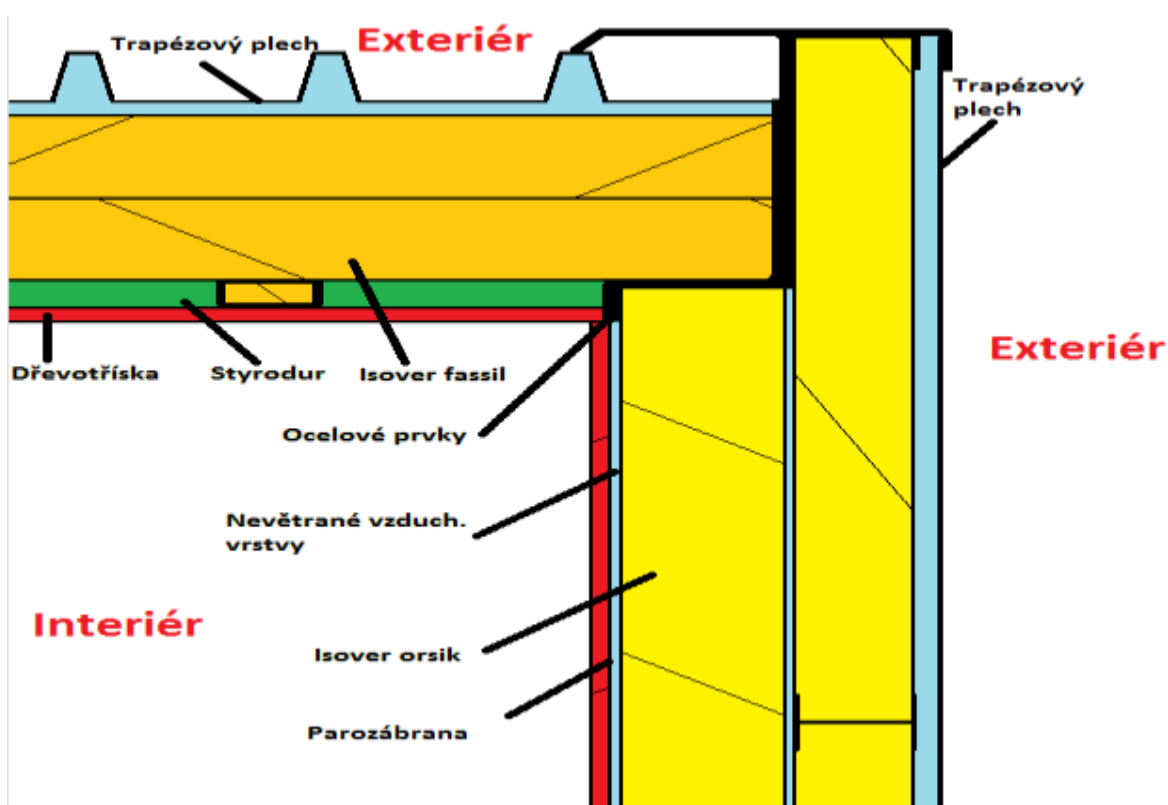
Při výpočtu (Příloha IV) navrženého řešení v kritickém místě (rohu stěna-stěna Obr. 12) bylo potvrzeno, že navržená konstrukce izolace kritického bodu splňuje požadavky, které jsou dány normou. Tedy požadavek na šíření vlhkosti v konstrukci i požadavek na nejnižší povrchovou teplotu. Splněním požadavku na nejnižší povrchovou teplotu je zaručeno vyloučení vzniku kondenzace i plísní ve zkoumaném rohu kontejneru. A to při extrémních zimních podmínkách i v průběhu modelového roku. Nejnižší teplota v rohu je 10,68°C (Obr. 13). Hodnota $f_{rsi}=0,721$. Požadovaný součinitel pro neprůsvitné lehké konstrukce je $f_{rsi,N} =$

0,712. Při extrémních zimních podmínkách, ani v průběhu modelového roku nedochází ke kondenzaci.



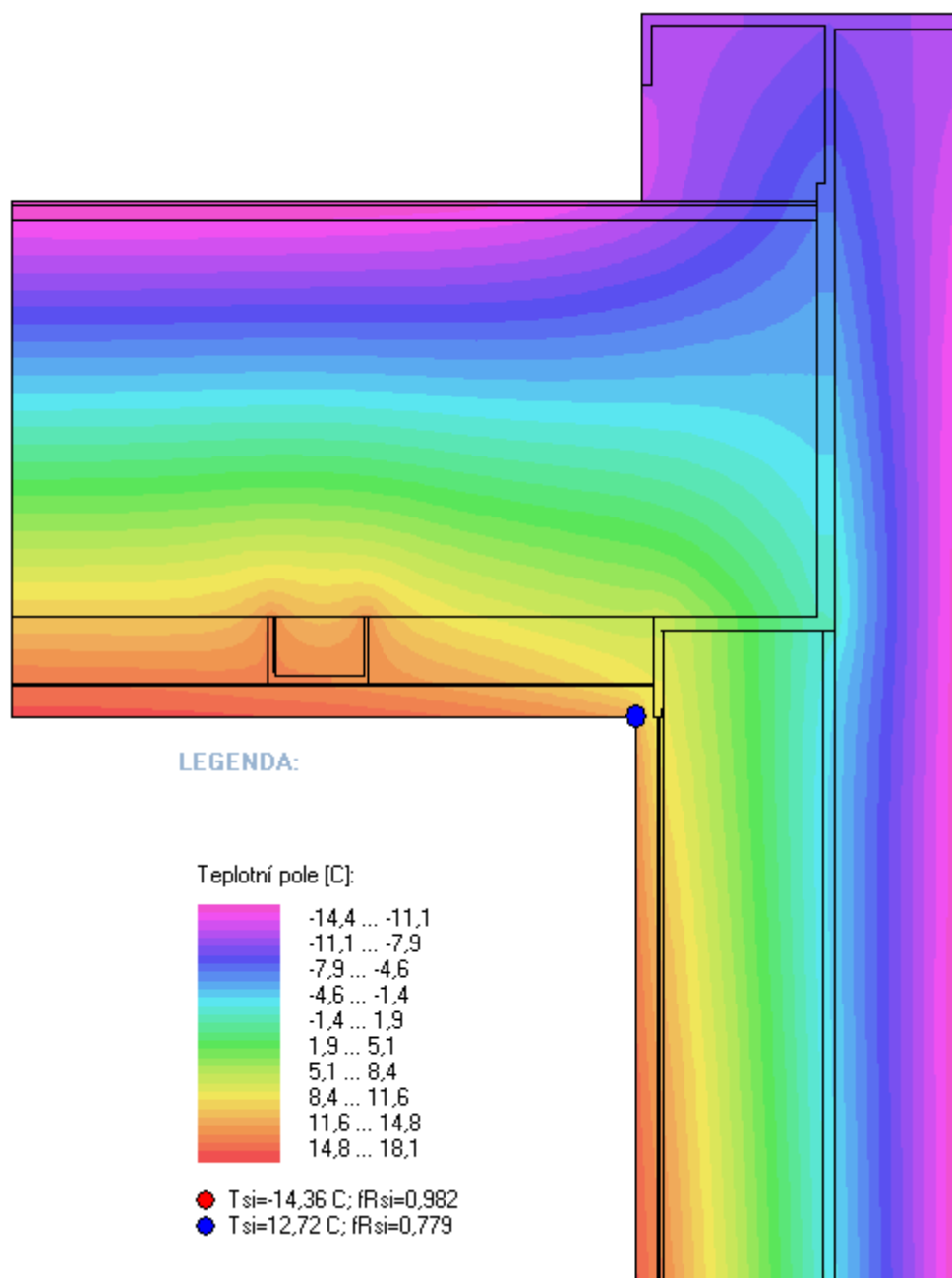
Obr. 13: Teplotní pole při extrémních zimních podmínkách roh stěna-stěna

3.4.6 KONSTRUKCE IZOLACE ROHU STĚNA-STŘECHA



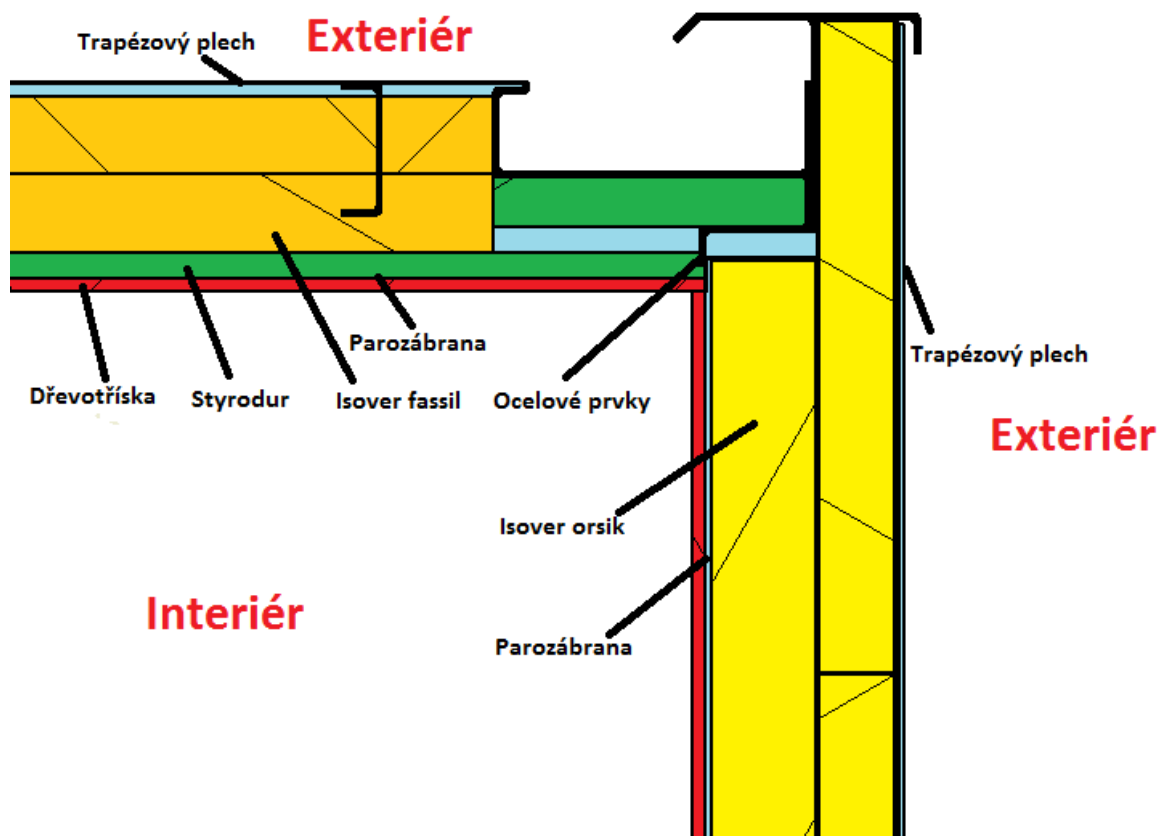
Obr. 14: Schéma skladby rohu střecha-stěna

Při výpočtu (Příloha V) navrženého řešení v kritickém místě (rohu stěna-strop viz Obr. 14) bylo potvrzeno, že navržená konstrukce izolace spoje stěna-strop splňuje požadavky dané normou. To je požadavek na šíření vlhkosti i požadavek na nejnižší povrchovou teplotu. Splněním požadavku na nejnižší povrchovou teplotu, je zaručeno vyloučení vzniku kondenzace i plísní ve zkoumaném rohu kontejneru. Podmínky jsou splněny v extrémních zimních podmínkách i v průběhu modelového roku. Nejnižší vnitřní povrchová teplota při extrémních zimních podmínkách je 12,72°C (Obr. 15). Hodnota $f_{rsi} = 0,799$. Požadovaný součinitel pro neprůsvitné lehké konstrukce je $f_{rsi,N} = 0,712$. V kondenzaci při extrémních podmínkách i v průběhu modelového roku nedochází ke kondenzaci.



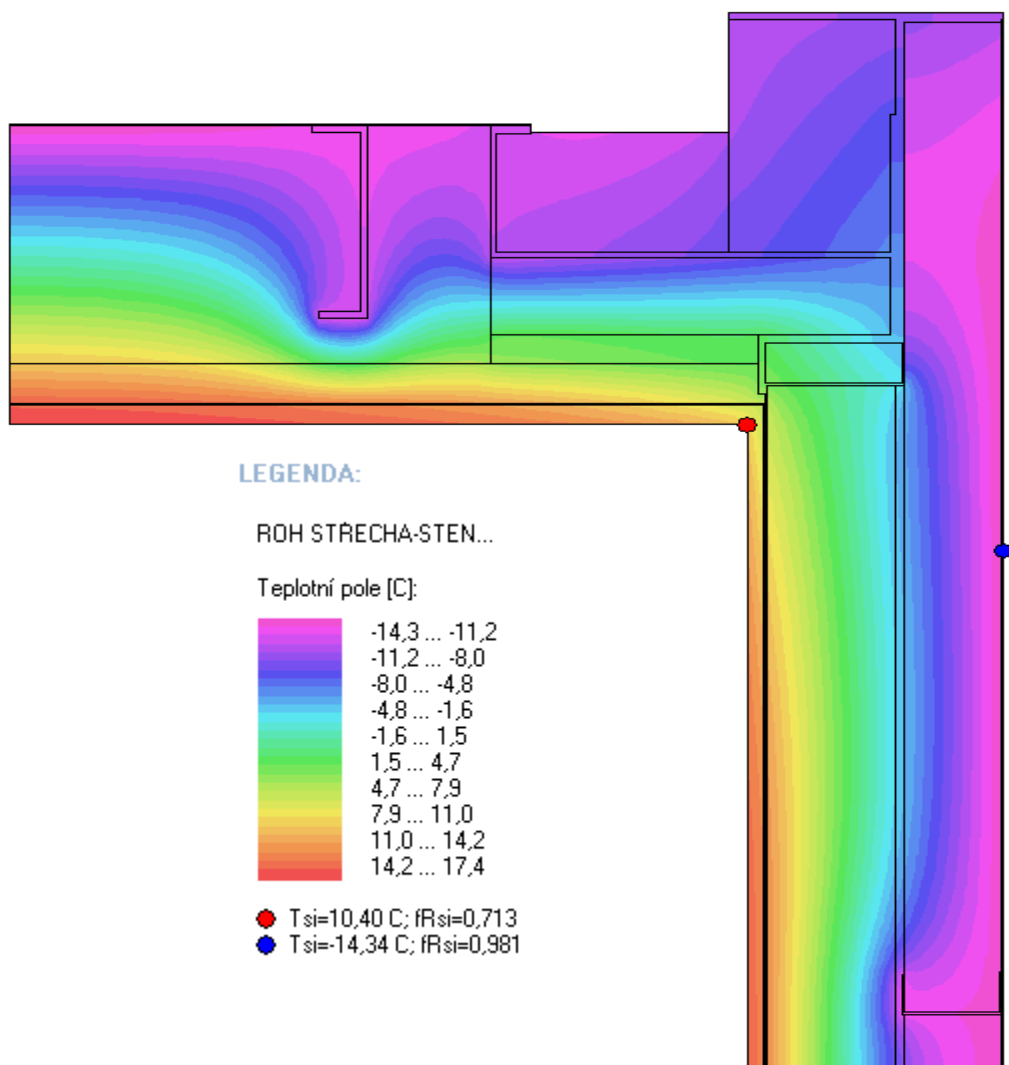
Obr. 15: Teplotní pole při extrémních zimních podmínkách roh střecha-stěna

3.4.7 KONSTRUKCE IZOLACE ROHU ČELNÍ STĚNA-STŘECHA



Obr. 16: Schéma skladby rohu čelní střecha-stěna

Výpočet (Příloha VI) v kritickém místě rohu obytného kontejneru čelní střecha-stěna (Obr. 16) potvrdil, že navržené řešení izolace kritického místa splňuje všechny požadavky dané normou. Tedy požadavky na šíření vlhkosti v konstrukci i požadavek na nejnižší povrchovou teplotu. Podmínky jsou splněny v extrémních zimních podmínkách i v průběhu modelového roku. Nejnižší povrchová teplota v rohu je 10,4°C (Obr. 17). Tato hodnota $f_{rsi} = 0,713$, splňuje požadavek. Kritické místo, tedy řez přes čelo kontejneru, bylo u starých konstrukcí nekritičtější, v nové konstrukci však splňuje všechny požadavky pro budovu trvale obývanou.



Obr. 17: Teplotní pole při extrémních zimních podmínkách roh čelní střecha stěna

4 KONSTRUKCE

Konstrukce se skládá z nosného rámu, plechových segmentů stěn, vrstev izolací a z vnitřního a vnějšího opláštění. Všechny postupy výroby jsou velmi podobné současným postupům při výrobě.

4.1 KONSTRUKCE NOSNÉHO RÁMU

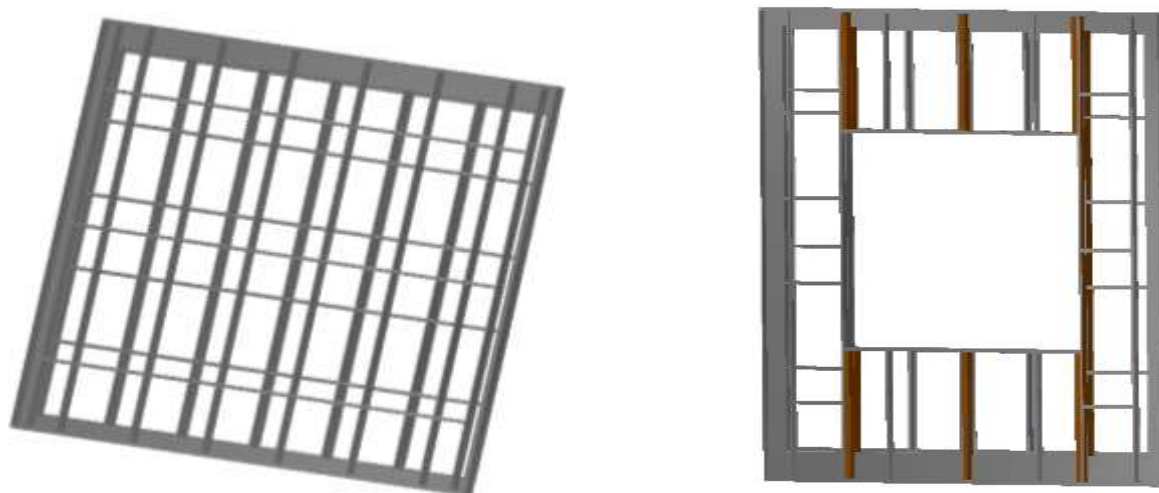
Nosný rám je složen z mnoha profilů. Všechny profily jsou ohýbány z plechu jakosti S 235 JR dle EN 10025. Profily jsou svařeny metodou MAG dle výkresu. Svary budou prováděny dle standardních postupů ve firmě. To znamená, že svar bude ve třídě provedení EX C2 dle EN 1090-2. Jako pomocný materiál je užíván svářecí drát na cívce, který je z materiálu G3Si. Kvalita svaru splňuje kategorii „C“ dle EN 5817. Všechny svary budou dokonale přebroušeny do roviny. Následně po svaření bude rám nastříkán vrstvou základního nátěru. Jako druhý nátěr je možno použít jakýkoli odstín z palet barev RAL. Specifikace všech profilů jsou uvedeny ve výkresové dokumentaci.



Obr. 18: Navrhovaný nosný rám

4.2 KONSTRUKCE PLECHOVÝCH SEGMENTŮ

Plechové segmenty (Obr. 19) jsou výplně stěn. Jsou našroubovány samořeznými šrouby M6,3x50 k nosnému rámu.



Obr. 19: Navrhované plechové segmenty

Tvoří oporu pro tepelnou izolaci a jsou v nich vedeny např. elektroinstalace, vodovodní potrubí, odpady, atd. Z vnitřní strany je na nich přichycena butylovou páskou parozábrana a našroubována i nanýtována vnitřní dřevotříska. Z venkovní strany jsou na ně nanýtovány venkovní trapézové plechy a rohové krytky. Segmenty jsou vyrobeny z plechu tloušťky 0,8mm. Jsou složeny z ohýbaného horního, dolního a dvou shodných bočních profilů. Vnitřní profily jsou ohýbané „U“ profily taktéž z plechu tloušťky 0,8mm. Tyto části jsou k sobě spojeny spojovacími kleštěmi (Obr. 20). V případě nedostupnosti místa spojení pro kleště je použito nýtování. U segmentů s oknem nebo dveřmi je nutné použít dřevěné výztuhy, aby se zvětšila tuhost segmentů a zároveň byla možnost uchycení rámu oken a dveří šrouby. Dřevěná výztuha je taktéž nutná při uchycení vnitřního vybavení na stěny. To jsou např. poličky, zrcadla, umyvadla atd.



Obr. 20: Spojovací kleště [14]

4.3 POSTUP VÝROBY NAVRHOVANÉHO OBYTNÉHO KONTEJNERU

V následující kapitole je uveden krátký výčet postupných kroků, které vedou od výroby až po expedici hotového navrhovaného obytného kontejneru k zákazníkovi. Postup vychází ze standartních postupů ve firmě Fagus a.s.

Ohýbání profilů na nosný rám

Ohýbání potřebných profilů.



Obr. 21: Ohýbaný profil sloupu

Svařování nosného rámu

Svařování (viz. Kapitola 5.1) probíhá ve specializovaném závodě a hotový svařenec, tedy nosný rám je převezen na výrobní závod. První je svařena konstrukce střechy, poté konstrukce podlahy. Mezi tyto dvě části jsou přivařeny sloupy.

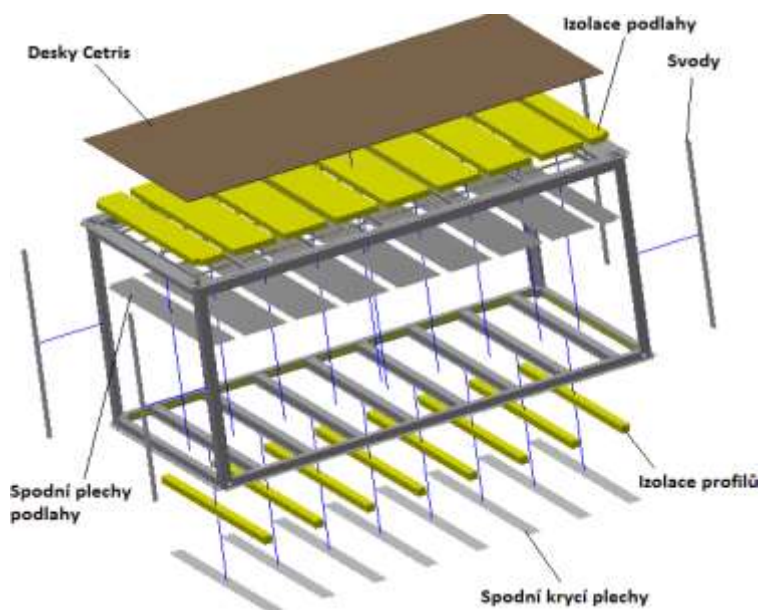
Nástřik nosného rámu základní barvou

Dvouvrstvý nástřik musí být proveden precizně. Jeho hlavní význam je v ochraně proti korozi. Na preciznosti provedení nástřiku závisí dlouholetost užívání kontejneru.

Montáž podlahy

Samotná kompletace podlahy se skládá z několika kroků:

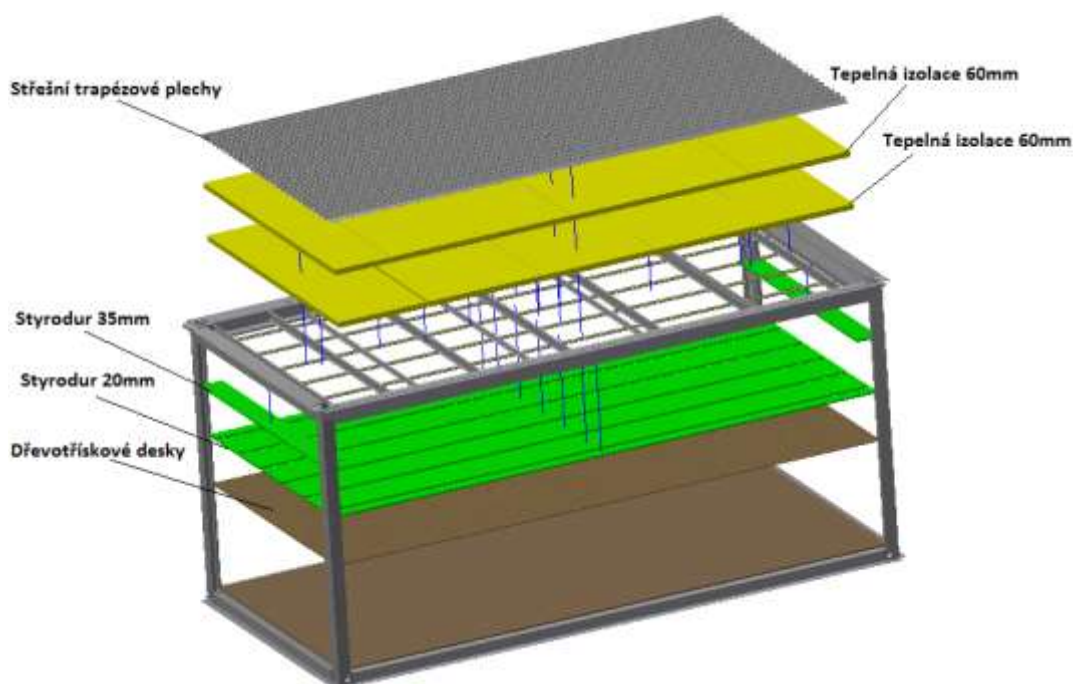
1. Jsou zaizolovány profily nosného rámu podlahy. Jako izolace je použit Isover orsik. Dále jsou izolovány vnitřky sloupů, pro to je nalepen polystyren tloušťky 20mm. Pro nalepení je použito lepidlo Soudal Pu construct.
2. Nanýtování spodního krycího plechu. Spodní krycí plechy jsou nanýtované nýty trhacími s plochou hlavou 3,2x8 dle DIN 7337.
3. Dalším krokem je nalepení spodních plechů podlahy. Pro to je využito lepidlo na plechy od firmy Den Braven název DenBit EN.
4. Tento krok se skládá z vložení hlavní tepelné izolace podlahy. Je použita izolace Isover orsik tloušťky 100mm.
5. Pátým krokem je přichycení svodů což jsou PVC trubky. Trubky jsou nalepeny do předpřipravených otvorů nosného rámu. Tyto trubky jsou nalepeny lepidlem Würth K+D.
6. Dále je instalována parozábrana podlahy. K přichycení parozábrany je použita butylová páska Soudal 15x07. Při instalaci je nutné dodržovat převisy parozábrany přes kraje, kvůli napojení parozábran ostatních částí.
7. Předposledním krokem kompletace podlahy je přichycení podlahových desek Cetris. Desky jsou přichyceny pomocí samořezných zápusťných šroubů 6,3x50 od firmy Würth. Je nutné předvrtat otvor vrtákem $\varnothing = 5mm$.
8. Posledním krokem je tmelením a broušením spojů desek Cetris.



Obr. 22: Rozložený pohled na části podlahy

Montáž střechy

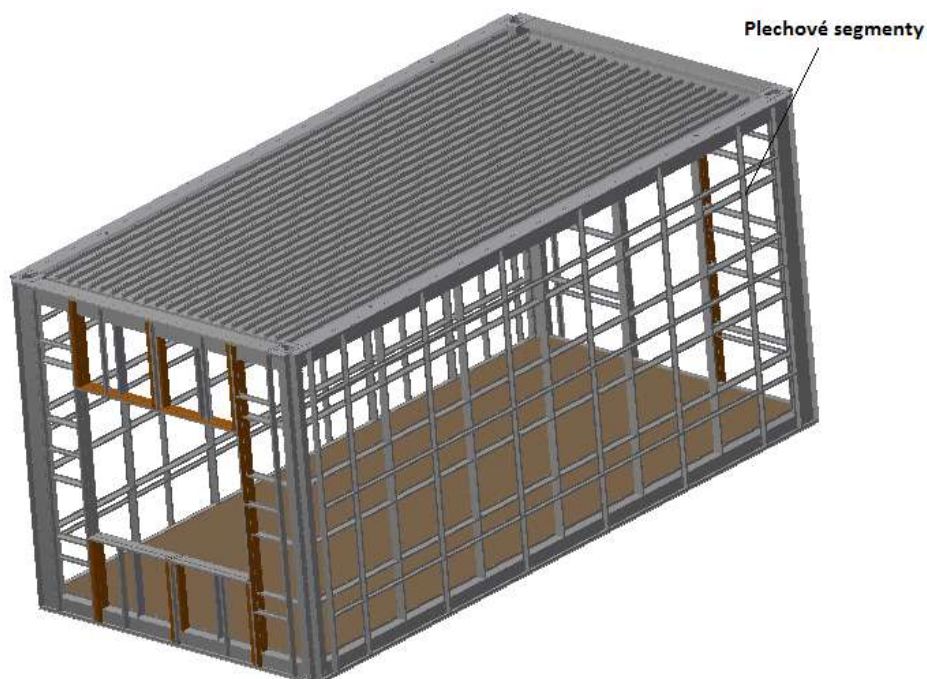
1. Jako první krok je přichycení střešní parozábrany. Je přichycena k vnitřním nosným „U“ profilům střechy. K přichycení je použita butylová páska Soudal 15x0,7. Je důležité nechat parozábranu převislou kvůli napojení dalších částí parozábrany.
2. Dále jsou nalepeny desky styrodur tloušťky 20mm mezi vnitřní, střešní „U“ profily a nalepeny desky styrodur tloušťky 35mm pod čelní horní profil rámu odvádějící vodu ze střechy do svodů. K lepení je použito lepidlo Soudal Pu Construct.
3. Poté jsou přichyceny vnitřní, stropové dřevotřískové desky. K přichycení jsou použity nýty 3,2x16 dle DIN 7337.
4. Čtvrtým krokem je vložení střešních tepelně izolačních desek Isover fassil a to ve dvou vrstvách o tloušťkách 60mm a 60mm.
5. Předposledním krokem je uchycení střešních trapézových plechů. K uchycení jsou použity samořezné šrouby M4,2x19 s těsnící podložkou podle DIN 7504K.
6. Jako poslední se nalepí tzv. „rostoucího těsnění“ mezi střešní trapézový plech a ohyb nosného rámu.



Obr. 23: Rozložený pohled na části střechy

Montáž stěn

1. Montáž stěn začíná přichycením segmentů stěn (Obr. 24). Jsou použity samořezné šrouby 6,3x50 dle DIN 7504 s podložkou karosářskou 6x30.

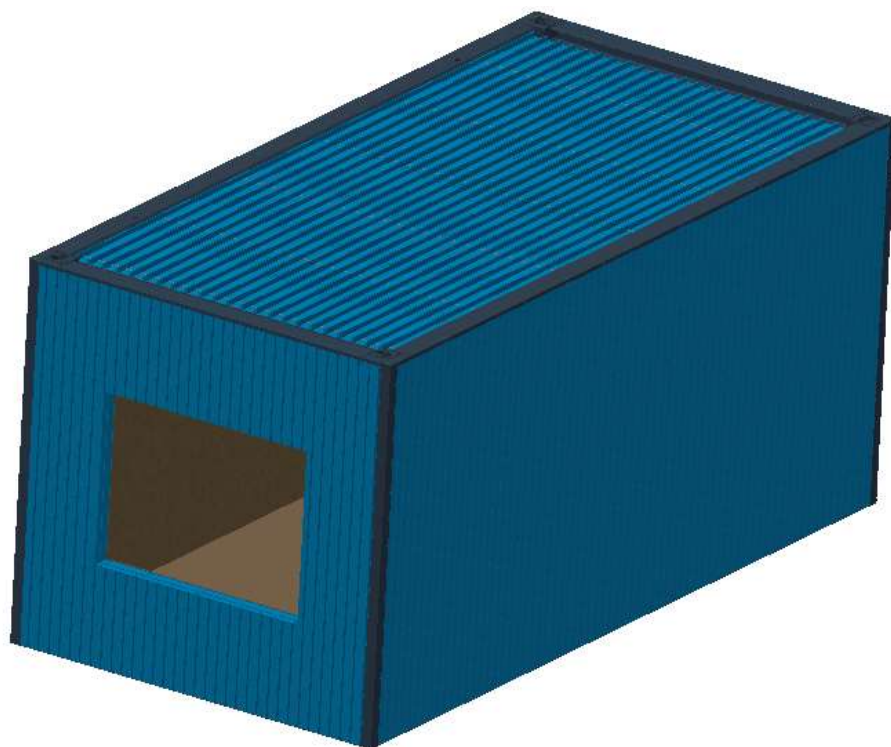


Obr. 24: Kontejner po přichycení segmentů

2. Druhým krokem při montáži je instalace stěnové parozábrany na vnitřní stranu stěnových segmentů. Důležité je dbát na kvalitní spojení s převisy parozábrany stropu a podlahy. K přichycení i spojení je použita butylová páska Soudal 15x0,7.
3. Dále jsou uchyceny vnitřní dřevotřískové desky. K uchycení jsou použity nýty 3,2x16 dle DIN 7337.
4. Po uchycení dřevotřísky se pokračuje vložení izolace stěn. Pro izolaci je použita minerální vlna Isover orsik a to ve dvou vrstvách 80mm a 60mm.
5. Následuje izolace vnějšku sloupů a to styrodurem tloušťky 60mm. K přichycení k sloupům je použito lepidlo Soudal Pu Construct.
6. Po provedení izolace jsou instalovány stěnové trapézové plechy. K montáži jsou použity nýty 3,2x8 dle DIN 7337.
7. Předposledním krokem je montáž plechových krytek rohů. Pro to jsou použity nýty 3,2x8 dle DIN 7337.
8. Jako poslední krok jsou instalovány dveře a okna do otvorů segmentů.

Dokončovací práce

1. Kontejner je nastříkán. Je možno použít jakoukoli barvu z palet barev RAL.
2. Poslední krok ve výrobě jsou dokončovací práce. To je lištování, nalepení koberce, montáž vnitřního vybavení, umývání, příprava k expedici atd.



Obr. 25: Výsledný kontejner

Expedice k zákazníkovi

U navrhovaného kontejneru lze využít všech dosud používaných možností přepravy. Obytný kontejner je přemísťován s pomocí jeřábu. Pro uchycení háků slouží zvedací oka M42. Tyto oka jsou našroubována do předpřipravených otvorů s maticí v horním nosníku rámu. (viz. Příloha VII).

ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývala novým návrhem izolace obytného kontejneru. Hlavním požadavkem bylo zamezení kondenzace vzdušné vlhkosti na vnitřních stěnách obytného kontejneru. Tento cíl bakalářské práce byl splněn. Nová konstrukce obsahuje zcela nové složení izolací všech částí obytného kontejneru. Pro nové izolační složení byly provedeny změny na nosném rámu. Byly navrženy i zcela nové plechové segmenty.

První část bakalářské práce obsahovala rešerši obytného kontejneru. Hlavním obsahem první části je rešerše používaných materiálů pro obytný kontejner.

Druhá kapitola obsahuje transformační proces, který vedl k vybrání ideálního konstrukčního řešení izolace obytného kontejneru. Na začátku jsou specifikovány požadavky. Tyto požadavky jsou sepsány v požadavkovém listě. Dále kapitola obsahuje funkční strukturu, což je vyobrazení souboru funkcí, které musí obytný kontejner plnit. K těmto funkcím jsou v morfologické matici přiděleny nositelé funkcí (orgány) a je vybráno konstrukční řešení. Konstrukční řešení je vyobrazeno v orgánové struktuře a stavební struktuře.

Další kapitola je výpočtová část. V této části byly specifikovány tepelné děje v konstrukci a také možnosti šíření tepla v konstrukci. Poté byly specifikovány okrajové podmínky a požadavky pro výpočet. Každá část kontejneru prošla tepelně technickým posouzením v programech Teplo 2010 a Area 2010. Výsledky byly porovnány s požadavky specifikovanými normou.

Poslední kapitola obsahuje číslované postupy výroby různých částí obytného kontejneru. V kapitole byly také určeny spojovací materiály pro každou část postupu.

Tato bakalářská práce navrhuje nové konstrukční řešení izolace obytného kontejneru, které splňuje hlavní cíl bakalářské práce. Tedy v případě využívání navrženého technického řešení izolace obytného kontejneru, by dle výpočtů nemělo docházet k rosení vnitřních stěn a k žádnému růstu plísní ani v rozích kontejneru.

SEZNAM ZDROJŮ

- [1] Dřevotříska. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 2.7.2014 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/D%C5%99evot%C5%99%C3%ADska>
- [2] Systém suché výstavby: Sádrovláknité desky fermacell. *Fermacell: systémy suché výstavby* [online]. Duisburg: Fermacell GmbH, [2010], 19.12.2013 [cit. 2013-12-23]. Dostupné z: <http://www.fermacell.cz/cz/content/sadrovla-knity-desky-fermacell.php>
- [3] Hodnoty fyzikálních veličin vybraných stavebních materiálů. *Tzb-info: stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov* [online]. 2001- [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-hodnoty-fyzikalnich-velicin-vybranych-stavebnich-materialu>
- [4] OSB Deska. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. 15.12.2013. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-12-23]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/OSB_deska
- [5] Isover orsik. © DIVIZE ISOVER. *ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace* [online]. Saint-Gobain, [2010], 23. 04. 2014 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/isover-orsik>
- [6] Starodur 2800C. © DIVIZE ISOVER. *ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace* [online]. Saint-Gobain, [2010], 23. 04. 2014 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/data/files/technicky-list-styrodur-176.pdf>
- [7] Isover fassil. © DIVIZE ISOVER. *ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace* [online]. Saint-Gobain, [2010], 23. 04. 2014 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/isover-fassil>
- [8] Isover vario. © DIVIZE ISOVER. *ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace* [online]. Saint-Gobain, [2010], 23. 04. 2014 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/isover-vario-km-duplex-uv>
- [9] HUBKA, Vladimír. Konstrukční nauka-obecný model při konstruování. 2. přepracované a doplněné vydání přeložil a k vydání připravil Stanislav Hosnedl. 2.vyd. Zurich:Heurista, 1995, 118s. ISBN 80-90 1135-0-8

- [10] VAVERKA, Jiří, Josef CHYBÍK a František MRLÍK. *Stavební Fyzika 2: Stavebně tepelná technika*. Brno: Vutium, 2000. ISBN 80-214-1649-1.
- [11] ČSN 730540. *Tepelná ochrana budov: Část 1,2,3 a 4*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [12] ŠÁLA, Jiří, Jan TYWONIAK, Zbyněk SVOBODA a Lubomír KEIM. *Tepelná ochrana budov: Komentář k ČSN 73 0540*. Praha: Čkait, 2008. ISBN 978-80-87093-30-6.
- [13] O škole. © ORANGE SLOVENSKO, a.s. *Škole - základna-skola - Učivá - Fyzika - Šírenie tepla* [online]. 2008 [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: http://www.oskole.sk/userfiles/image/Zofia/august%20%202012/fyzika/Siren timers _tepla _7r _jul _html _m75ccab5b.jpg
- [14] Shop-naradi. FASTCENTRIK®. *Kleště ke spojování profilů 275mm max 0,8mm Yato YT-5130* [online]. 2010 [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: <http://www.shop-naradi.cz/kleste-ke-spojovani-profilu-275mm-max-08mm-yato-yt-5130/d-74569/>

Použité programy:

Programy Area 2010 a Teplo 2010 byly poskytnuty firmou Fagus a.s.

Area 2010

Teplo 2010

Autodesk Inventor Professional 2013

Microsoft office word 2013

Adobe photoshop 7.0

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Samostatně stojící kontejner	13
Obr. 2: Rodinný dům	13
Obr. 3: Nosný rám	14
Obr. 4: Nosný rám a plech. segmenty	15
Obr. 5: Nosný rám a plech. segmenty detail	15
Obr. 6: Black box	21
Obr. 7: Funkční struktura	23
Obr. 8: Orgánová struktura	25
Obr. 9: Stavební struktura rozložený pohled	26
Obr. 10: Stavební struktura celkový pohled	26
Obr. 11: Šíření tepla [13]	29
Obr. 12: Schéma skladby rohu stěna-stěna	39
Obr. 13: Teplotní pole při extrémních zimních podmínkách roh stěna-stěna	40
Obr. 14: Schéma skladby rohu střecha-stěna	40
Obr. 15: Teplotní pole při extrémních zimních podmínkách roh střecha-stěna	41
Obr. 16: Schéma skladby rohu čelní střecha-stěna	42
Obr. 17: Teplotní pole při extrémních zimních podmínkách roh čelní střecha stěna	43
Obr. 18: Navrhovaný nosný rám	44
Obr. 19: Navrhované plechové segmenty	45
Obr. 20: Spojovací kleště [14]	46
Obr. 21: Ohýbaný profil sloupu	46
Obr. 22: Rozložený pohled na části podlahy	47
Obr. 23: Rozložený pohled na části střechy	48
Obr. 24: Kontejner po přichycení segmentů	49
Obr. 25: Výsledný kontejner	50

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Návrhové hodnoty dřevotřísky [3]	15
Tabulka 2: Návrhové hodnoty fermacell [2]	16
Tabulka 3: Návrhové hodnoty sádkartón [3]	16
Tabulka 4: Návrhové hodnoty OSB deska [3]	17
Tabulka 5: Návrhové hodnoty desky Cetris [3]	17
Tabulka 6: Návrhové hodnoty Isover orsík [5]	17
Tabulka 7: Návrhové hodnoty polystyren [3]	18
Tabulka 8: Návrhové hodnoty styrodur [6]	18
Tabulka 9: Návrhové hodnoty Isover fassil [7]	18
Tabulka 10: Návrhové hodnoty AL folie [3]	19
Tabulka 11: Návrhové hodnoty Isover vario [8]	19
Tabulka 12: Návrhové hodnoty trapézový plech [3]	20
Tabulka 13: Návrhové hodnoty ocel [3]	20
Tabulka 14: Morfologická matice	24
Tabulka 15: Podmínky modelového roku [11]	32
Tabulka 16: Požadované hodnoty prostupu tepla [11]	34
Tabulka 17: Požadované hodnota poklesu dotykové teploty podlahy [11]	35
Tabulka 18: Složení izolace stěny kontejneru seřazené od interiéru	35
Tabulka 19: Složení izolace střechy kontejneru seřazené od interiéru	37
Tabulka 20: Složení izolace podlahy kontejneru seřazené od interiéru	38

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Rozložení teplot při extrémních zimních podmínkách u stěny	36
Graf 2: Maximální povrchové vnitřní teploty během modelového roku u stěny.....	36
Graf 3: Rozložení teplot při extrémních zimních podmínkách u střechy	37
Graf 4: Maximální povrchové vnitřní teploty během modelového roku u střechy	38

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA I: Základní tepelně technické posouzení stěny	58
PŘÍLOHA II: Základní tepelně technické posouzení střechy	61
PŘÍLOHA III: Základní tepelně technické posouzení podlahy	64
PŘÍLOHA IV: Dvojměrné stacionární pole teplot a částečných tlaků vodních par u rohu stěna-stěna.....	66
PŘÍLOHA V: Dvojměrné stacionární pole teplot a částečných tlaků vodních par u rohu střecha-stěna.....	70
PŘÍLOHA VI: Dvojměrné stacionární pole teplot a částečných tlaků vodních par u rohu čelní střecha-stěna.....	74
PŘÍLOHA VII: Výkresová dokumentace.....	78

PŘÍLOHA I: Základní tepelně technické posouzení stěny

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2010

Název úlohy : **Stěna obytného kontejneru**
Zpracovatel : Marek Bečica
Zakázka : Bakalářská práce
Datum : 25. 3. 201

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna
Korekce součinitele prostupu ΔU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m ³]	Mi[-]	Ma[kg/m ²]
1	Dřevotříska	0.0100	0.1800	1500.0	800.0	12.5	0.0000
2	Al folie 2	0.0002	204.0000	870.0	2700.0	700000.0	0.0000
3	Isover Orsik	0.0800	0.0430	840.0	30.0	1.0	0.0000
4	Uzavřená vzduc	0.0040	0.0670	1010.0	1.2	1.0	0.0000
5	Isover Orsik	0.0600	0.0430	840.0	30.0	1.0	0.0000
6	Trapézové plec	0.0008	50.0000	870.0	7850.0	1720.0	0.0000

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{si} : 0.25 m²K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot R_{si} : 0.25 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru R_{se} : 0.04 m²K/W
dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot R_{se} : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota T_e : -15.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 20.6 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu R_{He} : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu R_{Hi} : 45.0 %

Měsíc	Délka[dny]	T _{ai} [C]	R _{Hi} [%]	P _i [Pa]	T _e [C]	R _{He} [%]	P _e [Pa]
1	31	20.6	44.1	1069.5	-2.3	81.1	409.0
2	28	20.6	47.0	1139.8	-0.3	80.5	479.4
3	31	20.6	49.1	1190.8	3.6	79.2	625.9
4	30	20.6	53.2	1290.2	8.6	77.0	859.9
5	31	21.6	56.0	1444.1	13.4	74.0	1137.1
6	30	22.6	57.0	1562.1	16.3	71.6	1326.3
7	31	23.6	56.1	1633.3	17.8	70.1	1428.0
8	31	23.6	55.4	1612.9	17.3	70.6	1393.5
9	30	22.6	53.4	1463.5	13.7	73.8	1156.4
10	31	21.6	50.7	1307.4	9.0	76.8	881.2
11	30	20.6	49.1	1190.8	3.7	79.2	630.3
12	31	20.6	46.9	1137.4	-0.4	80.5	475.5

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %
Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.
Počet hodnocených let : 1

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 3.37 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.282 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.28 / 0.33 / 0.38 / 0.48 W/m²K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou
přirážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce $Z_p T$: 7.5E+0011 m/s
Teplotní útlum konstrukce N_y^* : 27.7
Fázový posun teplotního kmitu Ψ_i^* : 1.2 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$: 18.17 C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: 0.932

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----				
	$T_{si,m}[C]$	$f_{Rsi,m}$	$T_{si,m}[C]$	$f_{Rsi,m}$	$T_{si}[C]$	f_{Rsi}	$RH_{si}[%]$
1	11.3	0.593	8.0	0.448	19.0	0.932	48.6
2	12.2	0.600	8.9	0.440	19.2	0.932	51.3
3	12.9	0.548	9.5	0.350	19.4	0.932	52.8
4	14.1	0.462	10.7	0.179	19.8	0.932	56.0
5	15.9	0.304	12.5	-----	21.0	0.932	58.0
6	17.1	0.132	13.7	-----	22.2	0.932	58.5
7	17.8	0.006	14.3	-----	23.2	0.932	57.5
8	17.6	0.053	14.1	-----	23.2	0.932	56.9
9	16.1	0.270	12.7	-----	22.0	0.932	55.4
10	14.3	0.424	10.9	0.155	20.7	0.932	53.4
11	12.9	0.545	9.5	0.346	19.4	0.932	52.7
12	12.2	0.601	8.9	0.441	19.2	0.932	51.3

Poznámka: RH_{si} je relativní vlhkost na vnitřním povrchu,
 T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.

Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	e
tepl.[C]:	18.2	17.6	17.6	-0.5	-1.0	-14.6	-14.6
p [Pa]:	1091	1090	148	148	147	147	138
p,sat [Pa]:	2085	2015	2015	588	560	171	171

**Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci
vodní páry.**

Množství difundující vodní páry G_d : 1.346E-0009 kg/m²s

Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

Poznámka: Hodnocení difuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry
převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty
je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

STOP, Teplo 2010

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2007)

Název konstrukce: Stěna obytného kontejneru

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 20,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -15,0 C
Teplota na vnější straně T_e : -15,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 20,6 C
Relativní vlhkost v interiéru RH_i : 40,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Dřevotříska	0,010	0,180	12,5
2	Al folie 2	0,0002	204,000	700000,0
3	Isover Orsik	0,080	0,043	1,0
4	Uzavřená vzduch. dutina tl. 4	0,004	0,067	1,0
5	Isover Orsik	0,060	0,043	1,0
6	Trapézové plechy	0,0008	50,000	1720,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} + \Delta F = 0,697 + 0,015 = 0,712$
Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,932$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{i,N} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vypočtená hodnota: $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U < U_{i,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Vypočtené hodnoty: V kci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

POŽADAVKY JSOU SPLNĚNY.

PŘÍLOHA II: Základní tepelně technické posouzení střechy

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540

Teplo 2010

Název úlohy : **Střecha obytného kontejneru**

Zpracovatel : Marek Bečica

Zakázka : Bakalářská práce

Datum : 28. 3. 201

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Typ hodnocené konstrukce : Strop, střecha - tepelný tok zdola

Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m ³]	Mi[-]	Ma[kg/m ²]
1	Dřevotříska	0.0100	0.1800	1500.0	800.0	12.5	0.0000
2	Al folie 2	0.0002	204.0000	870.0	2700.0	700000.0	0.0000
3	Styrodur	0.0200	0.0400	2060.0	30.0	100.0	0.0000
4	Isover Fassil	0.1200	0.0390	880.0	50.0	1.4	0.0000
5	Trapézové plech	0.0008	50.0000	870.0	7850.0	1720.0	0.0000

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.25 m²K/W

dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rsi : 0.25 m²K/W

Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/W

dtto pro výpočet kondenzace a povrch. teplot Rse : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -15.0 C

Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.6 C

Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %

Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 45.0 %

Měsíc	Délka[dny]	Tai[C]	RHi[%]	Pi[Pa]	Te[C]	RHe[%]	Pe[Pa]
1	31	20.6	44.1	1069.5	-2.3	81.1	409.0
2	28	20.6	47.0	1139.8	-0.3	80.5	479.4
3	31	20.6	49.1	1190.8	3.6	79.2	625.9
4	30	20.6	53.2	1290.2	8.6	77.0	859.9
5	31	21.6	56.0	1444.1	13.4	74.0	1137.1
6	30	22.6	57.0	1562.1	16.3	71.6	1326.3
7	31	23.6	56.1	1633.3	17.8	70.1	1428.0
8	31	23.6	55.4	1612.9	17.3	70.6	1393.5
9	30	22.6	53.4	1463.5	13.7	73.8	1156.4
10	31	21.6	50.7	1307.4	9.0	76.8	881.2
11	30	20.6	49.1	1190.8	3.7	79.2	630.3
12	31	20.6	46.9	1137.4	-0.4	80.5	475.5

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 3.63 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.239 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.24 / 0.30 / 0.35 / 0.45 W/m²K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce Z_{pT} : 7.6E+0011 m/s
Teplotní útlum konstrukce Ny* : 16.6
Fázový posun teplotního kmitu Psi* : 2.2 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 18.33 C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : 0.936

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		T _{si} [C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
	T _{si,m} [C]	f _{Rsi,m}	T _{si,m} [C]	f _{Rsi,m}			
1	11.3	0.593	8.0	0.448	19.1	0.936	48.3
2	12.2	0.600	8.9	0.440	19.3	0.936	51.0
3	12.9	0.548	9.5	0.350	19.5	0.936	52.5
4	14.1	0.462	10.7	0.179	19.8	0.936	55.8
5	15.9	0.304	12.5	-----	21.1	0.936	57.8
6	17.1	0.132	13.7	-----	22.2	0.936	58.4
7	17.8	0.006	14.3	-----	23.2	0.936	57.4
8	17.6	0.053	14.1	-----	23.2	0.936	56.8
9	16.1	0.270	12.7	-----	22.0	0.936	55.3
10	14.3	0.424	10.9	0.155	20.8	0.936	53.3
11	12.9	0.545	9.5	0.346	19.5	0.936	52.5
12	12.2	0.601	8.9	0.441	19.3	0.936	51.0

Poznámka: RH_{si} je relativní vlhkost na vnitřním povrchu,
T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.

Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540: **(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)**

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	e
tepl.[C]:	18.3	17.8	17.8	13.3	-14.6	-14.6
p [Pa]:	1091	1090	161	148	147	138
p _{sat} [Pa]:	2106	2040	2040	1525	170	170

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 1.327E-0009 kg/m²s

Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

Poznámka: Hodnocení difuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

STOP, Teplo 2010

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2007)

Název konstrukce: Střecha obytného kontejneru

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 20,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -15,0 C
Teplota na vnější straně T_e : -15,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 20,6 C
Relativní vlhkost v interiéru RH_i: 40,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Dřevotříská	0,010	0,180	12,5
2	Al folie 2	0,0002	204,000	700000,0
3	Styrodur 2000	0,020	0,040	100,0
4	Isover Fassil	0,120	0,039	1,4
5	Trapézové plechy	0,0008	50,000	1720,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} + \Delta F = 0,697 + 0,015 = 0,712$
Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,936$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_N = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vypočtená hodnota: $U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U > U_N$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky: 1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Vypočtené hodnoty: V kci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

POŽADAVKY JSOU SPLNĚNY.

Teplo 2010, (c) 2010 Svoboda Software

PŘÍLOHA III: Základní tepelně technické posouzení podlahy

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2010

Název úlohy : **Podlaha obytného kontejneru**

Zpracovatel : Marek Bečica

Zakázka : Bakalářská práce

Datum : 28. 3. 201

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Typ hodnocené konstrukce : Podlaha - výpočet poklesu dotykové teploty

Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m ³]	Mi[-]	Ma[kg/m ²]
1	Koberec	0.0050	0.0650	1880.0	160.0	6.0	0.0000
2	Desky CETRIS	0.0100	0.2400	1580.0	1300.0	78.8	0.0000
3	Al folie 2	0.0002	204.0000	870.0	2700.0	700000.0	0.0000
4	Isover Orsik	0.1000	0.0430	840.0	30.0	1.0	0.0000
5	Trapézové plec	0.0007	50.0000	870.0	7850.0	1720.0	0.0000

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.17 m²K/W

Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.00 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -15.0 C

Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.6 C

Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %

Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 45.0 %

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 2.49 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.377 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.40 / 0.43 / 0.48 / 0.58 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírazkou dle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce ZpT : 7.6E+0011 m/s

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 17.39 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{si,p} : 0.910

Pokles dotykové teploty podlahy dle ČSN 730540:

Tepelná jímavost podlahové konstrukce B : 364.54 Ws/m²K

Pokles dotykové teploty podlahy DeltaT : 3.61 C

STOP, Teplo 2010
VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2007)

Název konstrukce: Podlaha obytného kontejneru

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 20,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -15,0 C
Teplota na vnější straně T_e : -15,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 20,6 C
Relativní vlhkost v interiéru RH_i : 40,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Koberec	0,005	0,065	6,0
2	Desky CETRIS	0,020	0,240	78,8
3	Al folie 2	0,0002	204,000	700000,0
4	Isover Orsik	0,100	0,043	1,0
5	Trapézové plechy	0,0007	50,000	1720,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} + \Delta F = 0,697 + 0,015 = 0,712$

Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,910$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{,N} = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vypočtená hodnota: $U = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$

U < U_N ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

III. Požadavek na pokles dotykové teploty (čl. 5.3 v ČSN 730540-2)

Požadavek: teplá podlaha - $dT_{10,N} = 5,5 \text{ C}$

Vypočtená hodnota: $dT_{10} = 3,61 \text{ C}$

$dT_{10} < dT_{10,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

PŘÍLOHA IV: Dvojměrné stacionární pole teplot a částec tlaků vodních par u rohu stěna-stěna

podle ČSN EN ISO 10211-1 a ČSN 730540 - MKP/FEM model

Area 2010

Název úlohy : **Detail roh stěna stěna**

Varianta

Zpracovatel : Marek Bečica

Zakázka : Bakalářská práce

Datum : 17. 3. 2014

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Základní parametry úlohy :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -15.0 C

Teplota vzduchu v interiéru: 20.6 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 74

Počet vodorovných os: 83

Počet prvků: 11972

Počet uzlových bodů: 6142

Souřadnice os sítě - osa x (m) :

0.00000	0.00100	0.00445	0.00790	0.01480	0.02860	0.04240	0.05620	0.06100	0.06200
0.06300	0.06500	0.06600	0.06800	0.07600	0.08000	0.08200	0.08400	0.08443	0.08486
0.08500	0.08566	0.08631	0.08763	0.09025	0.09550	0.10600	0.11000	0.12200	0.13400
0.14050	0.14375	0.14700	0.14784	0.14800	0.14884	0.15134	0.15384	0.15884	0.17700
0.18750	0.19275	0.19800	0.19900	0.20200	0.20300	0.20600	0.20900	0.21500	0.22100
0.22400	0.22700	0.22800	0.23238	0.23675	0.24550	0.26300	0.27306	0.28313	0.29319
0.30325	0.31331	0.32338	0.33344	0.34350	0.35356	0.36363	0.37369	0.38375	0.39381
0.40388	0.41394	0.42400	0.43400						

Souřadnice os sítě - osa y (m) :

0.00000	0.00100	0.00475	0.00850	0.01600	0.03100	0.04600	0.05350	0.05725	0.05913
0.06100	0.06143	0.06186	0.06200	0.06250	0.06300	0.06450	0.06600	0.06786	0.07240
0.07693	0.08600	0.09600	0.10600	0.11000	0.12300	0.12950	0.13275	0.13438	0.13519
0.13600	0.13625	0.13692	0.13759	0.13894	0.14163	0.14431	0.14700	0.14800	0.14900
0.15150	0.15400	0.15900	0.16800	0.17700	0.18750	0.19800	0.20200	0.20300	0.20600
0.20900	0.21500	0.22100	0.22400	0.22700	0.22800	0.23238	0.23675	0.24550	0.25425
0.26300	0.27306	0.28311	0.29317	0.30322	0.31328	0.32333	0.33339	0.34344	0.35350
0.36355	0.37361	0.38366	0.39372	0.40377	0.41383	0.41885	0.42137	0.42262	0.42325
0.42357	0.42388	0.42400							

Zadané materiály :

č.	Název	LambdaX	LambdaY	MiX	MiY	X1	X2	Y1	Y2
1	Pěnový polystyr	0.044	0.044	50	50	21	44	18	22
2	Isover Orsik	0.043	0.043	1.000	1.000	46	73	19	39
3	Isover Orsik	0.043	0.043	1.000	1.000	14	35	49	82
4	Vzduchová mezera	0.045	0.045	1.000	1.000	46	73	13	19
5	Isover Orsik	0.043	0.043	1.000	1.000	30	45	22	39
6	Isover Orsik	0.043	0.043	1.000	1.000	20	34	32	48
7	Vzduchová mezera	0.045	0.045	1.000	1.000	8	10	49	83
8	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	10	11	2	16
9	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	2	11	14	16
10	Trapézové plech	50.0	50.0	1720	1720	1	2	1	83

11	Trapézové plech	50.0	50.0	1720	1720	1	73	1	2
12	BASF Styrodur 2	0.032	0.032	150	150	2	9	16	61
13	BASF Styrodur 2	0.032	0.032	150	150	11	57	2	11
14	BASF Styrodur 2	0.032	0.032	150	150	2	10	2	14
15	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	9	10	13	56
16	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	11	53	11	14
17	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	10	13	14	48
18	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	13	45	14	18
19	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	13	28	47	48
20	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	43	45	18	25
21	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	40	43	24	25
22	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	27	28	45	47
23	Pěnový polystyr	0.044	0.044	50	50	12	21	18	47
24	Vzduchová mezera	0.625	0.625	0.200	0.200	18	30	22	31
25	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	10	35	48	49
26	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	45	46	14	39
27	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	46	52	38	39
28	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	33	35	49	55
29	Isover Orsik	0.043	0.043	1.000	1.000	2	9	61	83
30	Isover Orsik	0.043	0.043	1.000	1.000	57	73	2	11
31	Al folie 2	204.0	204.0	700000	700000	34	73	39	40
32	Al folie 2	204.0	204.0	700000	700000	34	36	40	83
33	Dřevotříska	0.180	0.180	13	13	36	39	40	82
34	Dřevotříska	0.180	0.180	13	13	39	73	40	43
35	Vzduchová mezer	0.045	0.045	1.000	1.000	53	74	11	14
36	Vzduchová mezera	0.045	0.045	1.000	1.000	10	14	49	82

Zadané okrajové podmínky a jejich rozmístění :

číslo	1.uzel	2.uzel	Teplota [C]	Rs [m2K/W]	Pd [kPa]	h,p [s/m]
1	3197	3236	20.60	0.25	1.09	10.00
2	3197	6019	20.60	0.25	1.09	10.00
3	1	83	-15.00	0.04	0.14	20.00
4	1	5977	-15.00	0.04	0.14	20.00

Pro výpočet šíření vodní páry byla uplatněna přírážka k vnitřní průměrné vlhkosti 5 %.

Zadané průměrné měsíční teploty a vlhkosti (pro roční bilanci vodní páry):

Měsíc	Délka[dny]	Tai[C]	RHi[%]	Pi[Pa]	Te[C]	RHe[%]	Pe[Pa]
1	31	20.6	44.1	1069.4	-2.3	81.1	409.2
2	28	20.6	47.0	1139.7	-0.3	80.5	479.7
3	31	20.6	49.1	1190.6	3.6	79.2	626.1
4	30	20.6	53.2	1290.0	8.6	77.0	860.2
5	31	20.6	59.2	1435.5	13.4	74.0	1137.3
6	30	20.6	63.8	1547.1	16.3	71.6	1326.4
7	31	20.6	66.3	1607.7	17.8	70.1	1428.0
8	31	20.6	65.5	1588.3	17.3	70.6	1393.5
9	30	20.6	59.7	1447.6	13.7	73.8	1156.6
10	31	20.6	53.6	1299.7	9.0	76.8	881.5
11	30	20.6	49.1	1190.6	3.7	79.2	630.6
12	31	20.6	46.9	1137.3	-0.4	80.5	475.8

Pro výpočet šíření vodní páry byla uplatněna přírážka k vnitřní průměrné vlhkosti 5 %.

Výchozí měsíc výpočtu bilance byl stanoven výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :

NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLITY A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

Prostředí	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Propust. L [W/mK]
1	20.6	0.25	40	10.68	17.50208	0.49163
2	-15.0	0.04	84	-13.89	-17.47809	0.49096

Vysvětlivky:

T	zadaná teplota v daném prostředí [C]
Rs	zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m2K/W]
R.H.	zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]
Ts,min	minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]

Tep.tok Q hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]
(hodnota je vztažena na 1m délky tepelného mostu, přičemž ztráta je kladná a zisk je záporný)
Propust. L tepelná propustnost mezi daným prostředím a okolím [W/mK]
(lze určit jen pro maximálně 2 prostředí; pro určité charakteristické výseky lze získat průměrný součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L šířkou hodnoceného výseku konstrukce)

NEJNÍŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY, TEPLOTNÍ FAKTORY A RIZIKO KONDENZACE:

Prostředí	Tw [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	6.53	10.68	0.722	ne	---	---
2	-16.87	-13.89	0.969	ne	---	---

Vysvětlivky:

Tw teplota rosného bodu v daném prostředí [C] - lze určit jen pro teploty do 100 C
Ts,min minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]
f,Rsi teplotní faktor dle ČSN 730540, ČSN EN ISO 10211-1 a ČSN EN ISO 13788 [-]
[rozdíl minimální povrchové teploty a vnější teploty podělený rozdílem vnitřní (20.6 C) a vnější (-15.0 C) teploty - přesně lze určit jen pro max. 2 prostředí a pro rozdílnou vnitřní a vnější teplotu, program nicméně určuje orientační hodnoty i pro více prostředí, přičemž se uvažuje vnitřní teplota podle daného prostředí a konstantní vnější teplota Te = -15.0 C]
KOND. označuje vznik povrchové kondenzace
RH,max maximální možná relativní vlhkost při dané teplotě v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [%]
T,min minimální potřebná teplota při dané absolutní vlhkosti v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [C] - platí jen pro případ dvou prostředí

Poznámka: Zde uvedené vyhodnocení rizika kondenzace neodpovídá hodnocení ani podle ČSN 730540, ani podle ČSN EN ISO 13788 (neobsahuje bezpečnostní přírážky). Pro vyhodnocení výsledků podle těchto norem je nutné použít postup dle čl. 5.1 v ČSN 730540-2 či čl. 5 v ČSN EN ISO 13788.

ODHAD CHYBY VÝPOČTU:

Součet tepelných toků: 0.0240 W/m
Součet abs.hodnot tep.toků: 34.9802 W/m
Podíl: 0.0007
Podíl je menší než 0.001 - požadavek ČSN EN ISO 10211-1 je splněn.

TOKY DIFUNDUJÍCÍ VODNÍ PÁRY PŘI ZADANÝCH PODMÍNKÁCH:

Množství vstupující do konstrukce: 1.2E-0010 kg/m.s.
Množství vystupující z konstrukce: 1.2E-0010 kg/m.s.
Množství kondenzující vodní páry: 2.7E-0012 kg/m.s.

Poznámka: Uvedená množství jsou vztažena k 1 m výšky detailu a platí pro zadané okrajové podmínky. Množství vodní páry vstupující do konstrukce bylo stanoveno pro povrchy se souč. přestupu vodní páry 10.e-9 s/m. Množství vystupující z konstrukce pak pro povrchy se souč. přestupu vodní páry 20.e-9 s/m. Ostatní povrchy se ve výpočtu neuplatnily.

ROČNÍ BILANCE ZKONDENZOVANÉ A VYPAŘENÉ VODNÍ PÁRY:

Během modelového roku nedochází v detailu ke kondenzaci vodní páry.

STOP, Area 2010 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2007)

Název úlohy: Detail roh stěna stěna
Návrhová vnitřní teplota Ti = 20,00 C
Návrh.teplota vnitřního vzduchu Tai = 20,60 C
Relativní vlhkost v interiéru Fii = 40,00 %
Teplota na vnější straně Te [C]: -15,00 C

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} + \Delta F = 0,697 + 0,015 = 0,712$

Požadavek platí pro posouzení neprůsvitné konstrukce.

Vypočtená hodnota: $f_{Rsi} = 0,722$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

$f_{Rsi} > f_{Rsi,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

II. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

- Požadavky:
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
 2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
 3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m².rok.

Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant, např. na základě grafických výstupů programu.

Vyhodnocení 2. požadavku je ztíženo tím, že neexistuje žádná obecně uznávaná a normovaná metodika výpočtu celoroční bilance v podmínkách dvourozměrného vedení tepla a vodní páry.

Orientačně lze použít výsledky dosažené metodikou programu AREA.

Výsledky výpočtu: V detailu nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Třetí požadavek je určen pro posouzení skladeb konstrukcí při jednorozměrném vedení tepla a vodní páry - pro detaily se tedy nehodnotí.

PŘÍLOHA V: Dvojrozměrné stacionární pole teplot a částečných tlaků vodních par u rohu střecha-stěna

podle ČSN EN ISO 10211-1 a ČSN 730540 - MKP/FEM model

Area 2010

Název úlohy : Roh střecha-stěna
Varianta
Zpracovatel : Marek Bečica
Zakázka : Bakalářská práce
Datum : 2. 4. 2014

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Základní parametry úlohy :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -15.0 C
Teplota vzduchu v interiéru: 20.6 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 168
Počet vodorovných os: 179
Počet prvků: 59452
Počet uzlových bodů: 30072

Souřadnice os sítě - osa x (m) :

0.00000	0.00200	0.00400	0.00500	0.00606	0.00713	0.00925	0.01350	0.02200	0.02900
0.03468	0.04037	0.04605	0.04889	0.05031	0.05102	0.05137	0.05173	0.05200	0.05232
0.05264	0.05329	0.05457	0.05586	0.05650	0.05714	0.05757	0.05779	0.05800	0.05814
0.05829	0.05844	0.05873	0.05932	0.06051	0.06169	0.06287	0.06400	0.06625	0.06850
0.07300	0.08200	0.09100	0.10000	0.10518	0.11035	0.11553	0.12070	0.12588	0.13105
0.13623	0.14140	0.14658	0.15175	0.15693	0.16210	0.16728	0.17245	0.17763	0.18021
0.18151	0.18215	0.18248	0.18264	0.18272	0.18280	0.18287	0.18294	0.18297	0.18300
0.18302	0.18305	0.18308	0.18314	0.18325	0.18348	0.18395	0.18488	0.18580	0.18627
0.18650	0.18673	0.18687	0.18693	0.18697	0.18700	0.18702	0.18706	0.18710	0.18714
0.18719	0.18724	0.18734	0.18754	0.18793	0.18872	0.19031	0.19347	0.19664	0.19822
0.19980	0.20064	0.20172	0.20226	0.20253	0.20267	0.20273	0.20280	0.20286	0.20293
0.20301	0.20315	0.20333	0.20351	0.20386	0.20432	0.20477	0.20568	0.20750	0.20932
0.21114	0.21208	0.21302	0.21351	0.21404	0.21458	0.21564	0.21778	0.22205	0.23059
0.23913	0.24767	0.25621	0.26475	0.27329	0.28183	0.29063	0.29944	0.30825	0.31705
0.32586	0.33467	0.34347	0.35228	0.36109	0.36990	0.37870	0.38751	0.39632	0.40512
0.41393	0.42274	0.43154	0.44035	0.44916	0.45797	0.46677	0.47558	0.48439	0.49319
0.50200	0.51081	0.51961	0.52842	0.53723	0.54604	0.55484	0.56365		

Souřadnice os sítě - osa y (m) :

0.00000	0.00056	0.00084	0.00098	0.00105	0.00109	0.00112	0.00114	0.00117	0.00120
0.00126	0.00139	0.00163	0.00188	0.00200	0.00206	0.00209	0.00212	0.00214	0.00217
0.00220	0.00227	0.00239	0.00264	0.00314	0.00414	0.00615	0.01016	0.01417	0.01818
0.02218	0.02619	0.03020	0.03421	0.04123	0.04825	0.05526	0.05877	0.06053	0.06140
0.06228	0.06312	0.06416	0.06520	0.06624	0.06728	0.06807	0.06960	0.07036	0.07074
0.07093	0.07102	0.07112	0.07117	0.07123	0.07128	0.07135	0.07143	0.07158	0.07188
0.07248	0.07367	0.07607	0.08085	0.08564	0.09042	0.09520	0.09999	0.10478	0.10956
0.11435	0.11913	0.12392	0.12870	0.13349	0.13827	0.14306	0.14545	0.14664	0.14724
0.14754	0.14784	0.14807	0.14846	0.14884	0.14912	0.14957	0.15001	0.15051	0.15101
0.15197	0.15293	0.15412	0.15612	0.15812	0.16130	0.16545	0.16960	0.17375	0.17790
0.18205	0.18620	0.19035	0.19451	0.19866	0.20281	0.20696	0.21111	0.21526	0.21941
0.22356	0.22771	0.23186	0.23601	0.24016	0.24431	0.24846	0.25261	0.25676	0.26092
0.26507	0.26922	0.27337	0.27752	0.28167	0.28582	0.28997	0.29204	0.29412	0.29555

0.29627	0.29662	0.29680	0.29698	0.29712	0.29729	0.29746	0.29781	0.29849	0.29986
0.30260	0.30809	0.31357	0.31905	0.32453	0.33002	0.33550	0.33824	0.33961	0.34029
0.34064	0.34081	0.34098	0.34112	0.34131	0.34150	0.34187	0.34262	0.34412	0.34590
0.34768	0.35125	0.35837	0.36550	0.37262	0.37975	0.38687	0.39400	0.40112	0.40825
0.41537	0.42250	0.42962	0.43675	0.44387	0.45100	0.45812	0.46486	0.47160	

Zadané materiály :

č.	Název	LambdaX	LambdaY	MiX	MiY	X1	X2	Y1	Y2
1	Trapézové plech	50.0	50.0	1720	1720	1	168	1	8
2	Vzduchová mezera	0.331	0.331	0.189	0.189	3	26	46	95
3	Vzduchová mezera	0.050	0.050	1.000	1.000	29	38	53	179
4	BASF Styrodur 2	0.040	0.040	100	100	67	112	92	179
5	Vzduchová mezer	0.045	0.045	1.000	1.000	121	168	82	88
6	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	1	3	8	93
7	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	1	9	93	95
8	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	1	19	41	46
9	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	18	82	41	56
10	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	70	86	41	86
11	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	71	124	85	92
12	Isover Akusto	0.043	0.043	1.000	1.000	37	71	54	179
13	Trapézové plech	50.0	50.0	1720	1720	26	30	54	179
14	Isover Orsik	0.043	0.043	1.000	1.000	89	168	47	83
15	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	3	10	7	18
16	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	3	4	18	42
17	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	90	121	82	85
18	Vzduchá mezera	0.050	0.050	1.000	1.000	87	168	41	47
19	Isover Orsik	0.043	0.043	1.000	1.000	4	168	18	41
20	Vzduchová mezera	0.045	0.045	1.000	1.000	10	168	8	19
21	Al folie 2	204.0	204.0	700000	700000	124	168	88	90
22	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	66	108	129	135
23	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	101	108	129	154
24	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	66	108	154	159
25	Isover Fassil	0.039	0.039	1.400	1.400	66	102	134	153
26	Dřevotříska	0.180	0.180	13	13	114	124	92	179
27	Al folie 2	204.0	204.0	700000	700000	109	115	92	179
28	Dřevotříska	0.180	0.180	13	13	124	168	90	96

Zadané okrajové podmínky a jejich rozmístění :

číslo	1.uzel	2.uzel	Teplota [C]	Rs [m2K/W]	Pd [kPa]	h,p [s/m]
1	95	4570	-15.00	0.04	0.14	20.00
2	4570	4652	-15.00	0.04	0.14	20.00
3	21934	22017	20.60	0.25	1.09	10.00
4	21934	29989	20.60	0.25	1.09	10.00
5	7698	29894	-15.00	0.04	0.14	20.00
6	1	7698	-15.00	0.04	0.14	20.00
7	1	95	-15.00	0.04	0.14	20.00

Pro výpočet šíření vodní páry byla uplatněna přírážka k vnitřní průměrné vlhkosti 5 %.

Zadané průměrné měsíční teploty a vlhkosti (pro roční bilanci vodní páry):

Měsíc	Délka[dny]	Tai[C]	RHi[%]	Pi[Pa]	Te[C]	RHe[%]	Pe[Pa]
1	31	20.6	55.3	1341.0	-2.3	81.1	409.2
2	28	20.6	58.2	1411.3	-0.3	80.5	479.7
3	31	20.6	58.2	1411.3	3.6	79.2	626.1
4	30	20.6	59.5	1442.8	8.6	77.0	860.2
5	31	20.6	62.9	1525.2	13.4	74.0	1137.3
6	30	20.6	65.9	1598.0	16.3	71.6	1326.4
7	31	20.6	67.6	1639.2	17.8	70.1	1428.0
8	31	20.6	67.0	1624.7	17.3	70.6	1393.5
9	30	20.6	63.2	1532.5	13.7	73.8	1156.6
10	31	20.6	59.7	1447.6	9.0	76.8	881.5
11	30	20.6	58.2	1411.3	3.7	79.2	630.6
12	31	20.6	58.0	1406.4	-0.4	80.5	475.8

Pro výpočet šíření vodní páry byla uplatněna přírážka k vnitřní průměrné vlhkosti 5 %.

Výchozí měsíc výpočtu bilance byl stanoven výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :

NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

Prostředí	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Propust. L [W/mK]
1	-15.0	0.04	84	-14.36	-26.33856	0.73985
2	20.6	0.25	40	12.72	26.21085	0.73626

Vysvětlivky:

T	zadaná teplota v daném prostředí [C]
Rs	zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m2K/W]
R.H.	zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]
Ts,min	minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]
Tep.tok Q	hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m] (hodnota je vztažena na 1m délky tepelného mostu, přičemž ztráta je kladná a zisk je záporný)
Propust. L	tepelná propustnost mezi daným prostředím a okolím [W/mK] (lze určit jen pro maximálně 2 prostředí; pro určité charakteristické výseky lze získat průměrný součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L šířkou hodnoceného výseku konstrukce)

NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY, TEPLOTNÍ FAKTORY A RIZIKO KONDENZACE:

Prostředí	Tw [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	-16.87	-14.36	0.982	ne	---	---
2	6.53	12.72	0.779	ne	---	---

Vysvětlivky:

Tw	teplota rosného bodu v daném prostředí [C] - lze určit jen pro teploty do 100 C
Ts,min	minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]
f,Rsi	teplotní faktor dle ČSN 730540, ČSN EN ISO 10211-1 a ČSN EN ISO 13788 [-] [rozdíl minimální povrchové teploty a vnější teploty podělený rozdílem vnitřní (20.6 C) a vnější (-15.0 C) teploty - přesně lze určit jen pro max. 2 prostředí a pro rozdílnou vnitřní a vnější teplotu, program nicméně určuje orientační hodnoty i pro více prostředí, přičemž se uvažuje vnitřní teplota podle daného prostředí a konstantní vnější teplota Te = -15.0 C]
KOND.	označuje vznik povrchové kondenzace
RH,max	maximální možná relativní vlhkost při dané teplotě v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [%]
T,min	minimální potřebná teplota při dané absolutní vlhkosti v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [C] - platí jen pro případ dvou prostředí

Poznámka: Zde uvedené vyhodnocení rizika kondenzace neodpovídá hodnocení ani podle ČSN 730540, ani podle ČSN EN ISO 13788 (neobsahuje bezpečnostní přírážky). Pro vyhodnocení výsledků podle těchto norem je nutné použít postup dle čl. 5.1 v ČSN 730540-2 či čl. 5 v ČSN EN ISO 13788.

ODHAD CHYBY VÝPOČTU:

Součet tepelných toků:	-0.1277 W/m
Součet abs.hodnot tep.toků:	52.5494 W/m
Podíl:	-0.0004
Podíl je větší než 0.001 - požadavek ČSN EN ISO 10211-1 je splněn.	

TOKY DIFUNDUJÍCÍ VODNÍ PÁRY PŘI ZADANÝCH PODMÍNKÁCH:

Množství vstupující do konstrukce:	1.7E-0010 kg/m,s.
Množství vystupující z konstrukce:	2.0E-0010 kg/m,s.
Chyba výpočtu:	3.0E-0011 kg/m,s.

Poznámka: Uvedená množství jsou vztažena k 1 m výšky detailu a platí pro zadané okrajové podmínky. Množství vodní páry vstupující do konstrukce bylo stanoveno pro povrchy se souč. přestupu vodní páry 10.e-9 s/m. Množství vystupující z konstrukce pak pro povrchy se souč. přestupu vodní páry 20.e-9 s/m. Ostatní povrchy se ve výpočtu neuplatnily.

ROČNÍ BILANCE ZKONDENZOVANÉ A VYPAŘENÉ VODNÍ PÁRY:

Během modelového roku nedochází v detailu ke kondenzaci vodní páry.

STOP, Area 2010
VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2007)

Název úlohy:

Návrhová vnitřní teplota T_i = 20,00 C
Návrh. teplota vnitřního vzduchu T_{ai} = 20,60 C
Relativní vlhkost v interiéru F_{ii} = 40,00 %
Teplota na vnější straně T_e [C]: -15,00 C

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} + \Delta F = 0,697 + 0,015 = 0,712$

Požadavek platí pro posouzení neprůsvitné konstrukce.

Vypočtená hodnota: $f_{Rsi} = 0,779$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

$f_{Rsi} > f_{Rsi,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

II. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m².rok.

Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant, např. na základě grafických výstupů programu.

Vyhodnocení 2. požadavku je ztíženo tím, že neexistuje žádná obecně uznávaná a normovaná metodika výpočtu celoroční bilance v podmínkách dvourozměrného vedení tepla a vodní páry. Orientačně lze použít výsledky dosažené metodikou programu AREA.

Výsledky výpočtu: V detailu nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Třetí požadavek je určen pro posouzení skladeb konstrukcí při jednorozměrném vedení tepla a vodní páry - pro detaily se tedy nehodnotí.

PŘÍLOHA VI: Dvojrozměrné stacionární pole teplot a částečných tlaků vodních par u rohu čelní střecha-stěna

podle ČSN EN ISO 10211-1 a ČSN 730540 - MKP/FEM model

Area 2010

Název úlohy : **Roh střecha-stěna čelo**

Varianta

Zpracovatel : Marek Bečica

Zakázka : Bakalářská práce

Datum : 17. 4. 2014

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Základní parametry úlohy :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -15.0 C

Teplota vzduchu v interiéru: 20.6 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 200

Počet vodorovných os: 200

Počet prvků: 79202

Počet uzlových bodů: 40000

Souřadnice os sítě - osa x (m) :

0.00000	0.00190	0.00285	0.00333	0.00356	0.00380	0.00389	0.00400	0.00425	0.00450
0.00500	0.00625	0.00750	0.01000	0.01500	0.02500	0.03175	0.03850	0.04525	0.04863
0.05200	0.05426	0.05538	0.05651	0.05700	0.05724	0.05736	0.05742	0.05748	0.05751
0.05756	0.05762	0.05773	0.05795	0.05838	0.05926	0.06013	0.06100	0.06148	0.06218
0.06288	0.06428	0.06708	0.07268	0.08387	0.09507	0.10627	0.11363	0.12100	0.12392
0.12500	0.12548	0.12628	0.12707	0.12867	0.13185	0.13823	0.14460	0.14778	0.14938
0.15017	0.15057	0.15077	0.15087	0.15092	0.15097	0.15100	0.15106	0.15112	0.15125
0.15150	0.15199	0.15299	0.15497	0.15751	0.16012	0.16143	0.16208	0.16240	0.16257
0.16273	0.16281	0.16301	0.16321	0.16360	0.16439	0.16518	0.16597	0.16639	0.16660
0.16681	0.16689	0.16706	0.16722	0.16755	0.16821	0.16954	0.17219	0.17483	0.17616
0.17682	0.17715	0.17731	0.17740	0.17748	0.17751	0.17759	0.17767	0.17782	0.17814
0.17876	0.18002	0.18252	0.18503	0.18628	0.18690	0.18722	0.18737	0.18745	0.18753
0.18757	0.18763	0.18769	0.18781	0.18805	0.18853	0.18958	0.19063	0.19273	0.19511
0.19629	0.19689	0.19718	0.19733	0.19741	0.19748	0.19751	0.19757	0.19762	0.19773
0.19795	0.19817	0.19839	0.19848	0.19863	0.19879	0.19910	0.19972	0.20096	0.20344
0.20839	0.21253	0.22104	0.22956	0.23807	0.24659	0.25510	0.26362	0.27213	0.28065
0.28916	0.29768	0.30619	0.31471	0.32322	0.33174	0.34025	0.34877	0.35728	0.36579
0.37431	0.38282	0.39134	0.39985	0.40837	0.41688	0.42540	0.43391	0.44243	0.45094
0.45946	0.46797	0.47649	0.48074	0.48287	0.48500	0.48600	0.48838	0.49075	0.49550
0.50025	0.50263	0.50500	0.50600	0.50771	0.50942	0.51285	0.51970	0.52654	0.53339

Souřadnice os sítě - osa y (m) :

0.00000	0.00046	0.00069	0.00081	0.00092	0.00100	0.00112	0.00123	0.00146	0.00169
0.00181	0.00192	0.00200	0.00212	0.00223	0.00247	0.00294	0.00387	0.00574	0.00948
0.01697	0.02445	0.03194	0.03942	0.04690	0.05439	0.05813	0.06000	0.06093	0.06140
0.06164	0.06175	0.06187	0.06194	0.06197	0.06200	0.06202	0.06205	0.06208	0.06215
0.06228	0.06253	0.06277	0.06288	0.06294	0.06297	0.06300	0.06302	0.06305	0.06308
0.06314	0.06327	0.06352	0.06402	0.06501	0.06601	0.06650	0.06700	0.06737	0.06756
0.06774	0.06782	0.06792	0.06802	0.06822	0.06862	0.06941	0.07100	0.07394	0.07856
0.08318	0.09242	0.10166	0.11090	0.12014	0.12939	0.13863	0.14325	0.14556	0.14671
0.14729	0.14787	0.14824	0.14843	0.14861	0.14873	0.14879	0.14882	0.14885	0.14887

0.14891	0.14895	0.14904	0.14920	0.14953	0.14985	0.15052	0.15119	0.15186	0.15220
0.15236	0.15253	0.15261	0.15272	0.15284	0.15306	0.15352	0.15442	0.15623	0.15985
0.16593	0.17200	0.17967	0.18734	0.19500	0.20267	0.21034	0.21801	0.22568	0.23335
0.24101	0.24868	0.25635	0.26402	0.27169	0.27935	0.28702	0.29086	0.29277	0.29373
0.29421	0.29445	0.29469	0.29481	0.29498	0.29515	0.29548	0.29615	0.29750	0.30018
0.30555	0.31092	0.31361	0.31629	0.31805	0.31893	0.31937	0.31981	0.32000	0.32029
0.32089	0.32149	0.32269	0.32508	0.32987	0.33946	0.34904	0.35863	0.36821	0.37779
0.38738	0.39217	0.39456	0.39576	0.39636	0.39666	0.39681	0.39689	0.39696	0.39700
0.39706	0.39713	0.39725	0.39750	0.39800	0.39900	0.40100	0.40425	0.40749	0.41398
0.42047	0.42696	0.43100	0.43692	0.44283	0.45466	0.46649	0.47832	0.49015	0.50198
0.51381	0.52565	0.53748	0.54931	0.56114	0.57297	0.58480	0.59663	0.60846	0.62029

Zadané materiály :

č.	Název	LambdaX	LambdaY	MiX	MiY	X1	X2	Y1	Y2
1	Vzduchová mezera	0.045	0.045	1.000	1.000	152	200	82	95
2	Vzduchová mezera	0.667	0.667	0.167	0.167	38	50	112	149
3	Vzduchová mezera	1.300	1.300	0.085	0.085	6	52	58	112
4	Vzduchová mezera	0.045	0.045	1.000	1.000	11	200	5	12
5	Vzduchová mezera	0.125	0.125	0.500	0.500	75	106	90	150
6	Vzduchová mezera	0.125	0.125	0.500	0.500	88	120	42	95
7	Vzduchová mezera	0.045	0.045	1.000	1.000	121	200	33	62
8	BASF Styrodur 2	0.034	0.034	50	50	105	136	90	200
9	Isover Orsik	0.043	0.043	1.000	1.000	126	200	61	82
10	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	1	7	1	112
11	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	1	16	6	13
12	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	7	11	6	47
13	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	7	120	37	48
14	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	7	21	47	58
15	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	21	92	47	68
16	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	82	91	42	102
17	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	81	129	85	103
18	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	49	51	68	149
19	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	29	52	144	150
20	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	29	39	134	148
21	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	120	126	33	90
22	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	126	152	82	90
23	Isover Orsik	0.043	0.043	1.000	1.000	11	200	12	33
24	Isover Fassil	0.039	0.039	1.400	1.400	29	105	150	200
25	BASF Styrodur 2	0.034	0.034	50	50	50	82	68	150
26	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	29	67	170	177
27	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	29	38	177	183
28	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	66	74	169	182
29	Trapézové plech	50.0	50.0	1720	1720	24	30	133	200
30	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	193	194	6	47
31	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	186	193	6	13
32	Ocel uhlíková	50.0	50.0	1000000	1000000	187	194	36	47
33	Trapézové plech	50.0	50.0	1720	1720	8	200	1	6
34	Al folie 2	204.0	204.0	700000	700000	137	200	89	96
35	Al folie 2	204.0	204.0	700000	700000	136	144	96	200
36	Dřevotříska	0.180	0.180	13	13	143	151	96	200
37	Dřevotříska	0.180	0.180	13	13	151	200	96	110

Zadané okrajové podmínky a jejich rozmístění :

číslo	1.uzel	2.uzel	Teplota [C]	Rs [m2K/W]	Pd [kPa]	h,p [s/m]
1	30110	30200	20.60	0.25	1.09	10.00
2	30110	39910	20.60	0.25	1.09	10.00
3	1	112	-15.00	0.04	0.14	20.00
4	112	7512	-15.00	0.04	0.14	20.00
5	7512	7534	-15.00	0.04	0.14	20.00
6	4734	7534	-15.00	0.04	0.14	20.00
7	4734	4800	-15.00	0.04	0.14	20.00
8	1	39801	-15.00	0.04	0.14	20.00

Pro výpočet šíření vodní páry byla uplatněna přírážka k vnitřní průměrné vlhkosti 5 %.

TISK VÝSLEDKŮ VYŠETŘOVÁNÍ :

NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

Prostředí	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Propust. L [W/mK]
1	20.6	0.25	40	10.40	27.90572	0.78387
2	-15.0	0.04	84	-14.34	-29.38447	0.82541

Vysvětlivky:

T	zadaná teplota v daném prostředí [C]
Rs	zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m2K/W]
R.H.	zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]
Ts,min	minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]
Tep.tok Q	hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m] (hodnota je vztažena na 1m délky tepelného mostu, přičemž ztráta je kladná a zisk je záporný)
Propust. L	tepelná propustnost mezi daným prostředím a okolím [W/mK] (lze určit jen pro maximálně 2 prostředí; pro určité charakteristické výseky lze získat průměrný součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L šířkou hodnoceného výseku konstrukce)

NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY, TEPLOTNÍ FAKTORY A RIZIKO KONDENZACE:

Prostředí	Tw [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	6.53	10.40	0.713	ne	---	---
2	-16.87	-14.34	0.981	ne	---	---

Vysvětlivky:

Tw	teplota rosného bodu v daném prostředí [C] - lze určit jen pro teploty do 100 C
Ts,min	minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]
f,Rsi	teplotní faktor dle ČSN 730540, ČSN EN ISO 10211-1 a ČSN EN ISO 13788 [-] [rozdíl minimální povrchové teploty a vnější teploty podělený rozdílem vnitřní (20.6 C) a vnější (-15.0 C) teploty - přesně lze určit jen pro max. 2 prostředí a pro rozdílnou vnitřní a vnější teplotu, program nicméně určuje orientační hodnoty i pro více prostředí, přičemž se uvažuje vnitřní teplota podle daného prostředí a konstantní vnější teplota Te = -15.0 C]
KOND.	označuje vznik povrchové kondenzace
RH,max	maximální možná relativní vlhkost při dané teplotě v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [%]
T,min	minimální potřebná teplota při dané absolutní vlhkosti v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [C] - platí jen pro případ dvou prostředí

Poznámka: Zde uvedené vyhodnocení rizika kondenzace neodpovídá hodnocení ani podle ČSN 730540, ani podle ČSN EN ISO 13788 (neobsahuje bezpečnostní přírážky). Pro vyhodnocení výsledků podle těchto norem je nutné použít postup dle čl. 5.1 v ČSN 730540-2 či čl. 5 v ČSN EN ISO 13788.

ODHAD CHYBY VÝPOČTU:

Součet tepelných toků:	-1.4788 W/m
Součet abs.hodnot tep.toků:	57.2902 W/m
Podíl:	-0.00089
Podíl je větší než 0.001 - požadavek ČSN EN ISO 10211-1 je splněn.	

STOP, Area 2010

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2007)

Název úlohy:	Roh střecha-stěna čelo
Návrhová vnitřní teplota Ti =	20,00 C
Návrh.teplota vnitřního vzduchu Tai =	20,60 C
Relativní vlhkost v interiéru Fii =	40,00 %
Teplota na vnější straně Te [C]:	-15,00 C

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} + \Delta F = 0,697 + 0,015 = 0,712$

Požadavek platí pro posouzení neprůsvitné konstrukce.

Vypočtená hodnota: $f_{Rsi} = 0,713$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

$f_{Rsi} > f_{Rsi,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

II. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

- Požadavky:
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
 2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
 3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m².rok.

Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant, např. na základě grafických výstupů programu.

Vyhodnocení 2. požadavku je ztíženo tím, že neexistuje žádná obecně uznávaná a normovaná metodika výpočtu celoroční bilance v podmínkách dvourozměrného vedení tepla a vodní páry.

Orientačně lze použít výsledky dosažené metodikou programu AREA.

Výsledky výpočtu: V detailu nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Třetí požadavek je určen pro posouzení skladeb konstrukcí při jednorozměrném vedení tepla a vodní páry - pro detaily se tedy nehodnotí.

PŘÍLOHA VII: Výkresová dokumentace

Seznam hlavních výkresů sestav:

NÁZEV SESTAVY	ČÍSLO SESTAVY
Obytný kontejner	OKSV-00
Svařenec nosného rámu	OKSV-01
Plechový segment boční	OKSV-02
Plechový segment okno	OKSV-03
Plechový segment dveře	OKSV-04

Dále jsou zpracovány výkresy podsestav a všechny výrobní výkresy.

